

Imagens orbitais de alta resolução aplicadas no estudo da adequação da legislação do zoneamento urbano na sub-bacia do córrego Pararangaba, São José dos Campos-SP

Mário Valério Filho*
Paulo Roberto Belisári**

Resumo: A elaboração de um planejamento com vistas a mitigar os impactos da impermeabilização do solo sobre a capacidade suporte de drenagem em uma bacia hidrográfica, requer uma análise da dinâmica do uso e ocupação do solo que ocorre na região. O presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica apoiada pelas geotecnologias, para mapear os perímetros urbanos na sub-bacia do Córrego Pararangaba e seus respectivos níveis de impermeabilização, nos anos 1997, 2003 e 2008, associando-os aos coeficientes das taxas de ocupação estabelecidos pela Lei Complementar Nº. 165 de 15 de novembro de 1997. Verificou-se que se os níveis de ocupação seguirem a legislação estabelecida em 2008 poderá implicar na promoção de inundação.

*Doutor em Agronomia, IP&D / UNIVAP, Professor Titular, Av. Shishima Hifumi, 2911 – São José dos Campos SP. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - Planejamento Urbano e Regional

** Mestre em Planejamento Urbano e Regional, IP&D / UNIVAP, Av. Shishima Hifumi, 2911 – São José dos Campos SP. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - Planejamento Urbano e Regional

Orbital Images of High Resolution Applied in Monitoring Adequacy Urban Zoning Law in the Sub Basin River Pararangaba, Sao Jose dos Campos-SP

Palavras-chave: Crescimento Urbano; Imagens de Alta Resolução; Impermeabilização do Solo; Bacia Hidrográfica.

Key-words: Urban growth; High resolution image; Soil sealing; Watershed.

Abstract: The preparation of a plan to mitigate the impacts of soil sealing on the capacity of a watershed, requires the analysis of the dynamics of land use/occupation that occurs in the region. This paper provides a methodological approach based on geo-technologies to map the urban fringe and its imperviousness levels, associating it to human occupation indices, in 1997, 2003 and 2008, established by the Complimentary Law Nr. 165, dated Nov. 15th 1997. It was found that if the occupancy levels follow the legislation established in 2008, this may involve the promotion of inundations.

Introdução

O processo de crescimento urbano desordenado a que foram submetidas a grande maioria das cidades de pequeno e médio porte localizadas na Região do Vale do Paraíba-SP, tem concorrido para uma ocupação de áreas nem sempre adequadas a assentamentos urbanos.

Segundo Bologna (2000, p.60), no conteúdo do Plano Preliminar de 1959, que precedeu o primeiro Plano Diretor do município de São José dos Campos, verifica-se a forma caótica em que vinha se dando o desenvolvimento do município em função da ausência de critério de localização para instalação de novas indústrias, bem como o estabelecimento dos loteamentos que expandiram para “zonas rurais periféricas ao núcleo urbanizado, transformando áreas produtivas em lotes pseudo-urbanos que dificilmente seriam habitados.” A região leste, a qual abrange a área de estudo, foi submetida a esse processo, pois de acordo com Oliveira e Costa (2001) a urbanização da área se deu de forma fragmentada, o que causou o aparecimento de vazios urbanos. Alguns loteamentos, Impulsionados pela instalação da Petrobrás, em 1974, se estabeleceram sob forma desordenada de ocupação nessa região.

Para Pereira (2001, p.49) A lógica da produção do espaço de assentamento “produz ao mesmo tempo mercadorias - territórios desejáveis”, terrenos legalizados ou passíveis de serem, e que permitem “auferir valor na sua comercialização”, e mercadoria indesejável, geralmente localizada em áreas inadequadas a ocupação urbana. Neste sentido a aquisição destas mercadorias é mediada pelas condições de renda, ou seja, quem possui melhor renda reside em áreas mais adequadas a ocupação urbana e aos de menor ou que não tem renda, resta recorrer a ilegalidade das áreas impróprias a assentamentos.

Maricato (2003) cita que da década de 1940 até início do século XXI a população urbana brasileira passou de 31% para 82%. No Brasil, a urbanização acelerada e a lógica incoerente que rege esse processo frente à sustentabilidade dos sistemas naturais resultaram, conforme, afirma Bonduki (1996, p.28), na “crescente vulnerabilidade das cidades, problema agravado pela intensidade da concentração urbana.”

Neste sentido, a impermeabilização do solo resultante do processo de urbanização contemporâneo é fator importante para o estudo da frequência e magnitude dos eventos de inundação. Neste contexto surge o questionamento sobre a produção do espaço urbano e as resultantes não previstas deste processo.

Para Andrade et al. (2009), o estudo da expansão urbana requer o constante monitoramento e atualização dos dados referentes ao uso e ocupação do solo, a fim de inferir suas tendências. Face a esses requerimentos, Paes et al. (2003) afirmam que os aerolevantamentos para fins de monitoramento se tornaram inviáveis, pelo alto custo operacional, tornando-se inacessíveis para diversas prefeituras dos municípios brasileiros. Neste sentido de acordo com Farina (2007, p.515), as novas técnicas de monitoramento da expansão das cidades que utilizam imagens orbitais de alta resolução, “empregam tecnologias mais adequadas para detectar em tempo quase real, a expansão urbana e as alterações ambientais decorrentes”.

Para Paes et al. (2003, p.1907) as imagens orbitais de alta resolução são adequadas ao “estudo temático dos setores intra-urbanos, especialmente com vistas à identificação e classificação de alvos intra-urbanos”. De acordo com Farina et al. (2007), as imagens do satélite Quick Bird 2, com resolução espacial de 0,6 metros lançado em 2001, reúne os atributos necessários a um sensor de reconhecimento de feições de detalhe. Ainda segundo Farina et al. (2007), Campos et al.(2009), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) se constituem em

ferramentas de apoio fundamentais no planejamento urbano, pois permite a integração dos dados de diferentes fontes (sensores orbitais, GPS, mapas temáticos e analógicos, informação alfanumérica), o que possibilita criar um banco de dados gerado ao longo do tempo, possibilitando o acompanhamento e análise temporal, das áreas submetidas aos processos de ocupação urbana.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo a análise e interpretação de imagens orbitais de alta resolução, para mapear a evolução temporal do processo de urbanização e avaliar o nível de impermeabilização do solo na região da sub bacia do córrego Pararangaba localizada no município de São José dos Campos - SP, no período de 1997, 2003 e 2008 consoante às diretrizes de adequação do uso e ocupação do solo, conforme a Lei Municipal Complementar N°. 165/1997, no tocante aos coeficientes das taxas de ocupação do solo na área de estudo.

Área de estudo

A presente pesquisa foi conduzida na sub bacia do Córrego Pararangaba localizada no extremo leste de São José dos Campos, entre os paralelos 23° 10' 27" S e 23° 15' 17" S e os meridianos 45° 43' 38" W e 45° 48' 18" W, próxima à divisa com o município de Caçapava-SP tendo como afluentes principais o Córrego Pararangaba e Córrego do Bairrinho conforme a Figura 01.

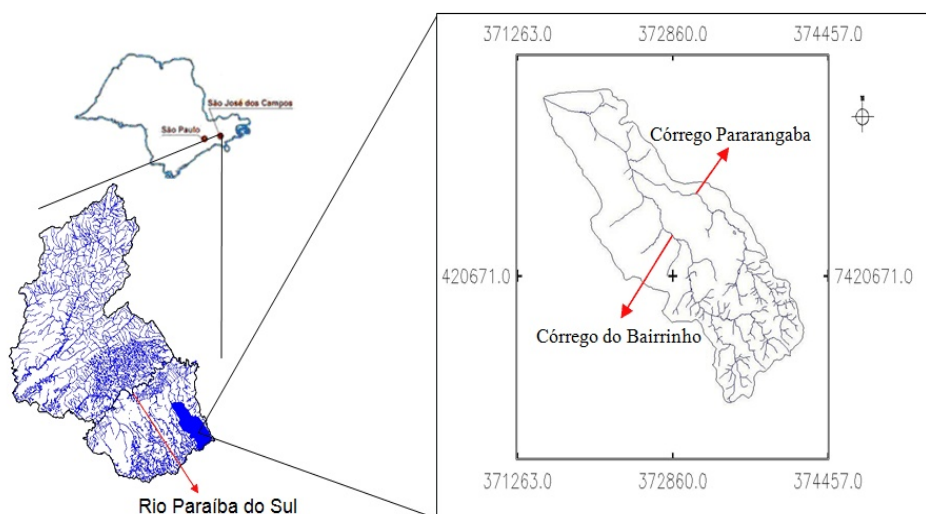


Figura 01— Localização da área de estudo (Sub-bacia do Córrego Pararangaba)
Fonte: Prefeitura Municipal de São José dos Campos (2007)

Abrange uma área de 25,89 km², que corresponde a 2,32% da área total do município de São José dos Campos-SP.

Segundo a Carta Geotécnica do Município (CD ROOM, Cidade Viva 2007) a Sub-bacia do Córrego Pararangaba, se faz representar pelas unidades geotécnicas denominadas: Planície Aluvionar; Colinas e Morrotes em sedimentos arenosos; Colinas e Morrotes em sedimentos argilosos (argila expansiva); Colinas e Morrotes em sedimentos argilosos (argila arenosa). Na região das cabeceiras de drenagem ocorrem morros com substrato de rochas graníticas e colinas e morros com embasamento cristalino com declividades acima de 30%.

O processo de urbanização na Sub-bacia do Córrego Pararangaba se caracteriza predominantemente pela forma horizontal de ocupação entre vazios urbanos. Os afluentes da margem direita do rio Paraíba do Sul, dentre eles o Córrego Pararangaba, têm grande importância porque percorrem grande parte da malha urbana e também áreas de expansão urbana, estando, assim, submetidos às atividades antrópicas que provocam problemas de erosão e de impermeabilização do solo, que são fatores causadores de inundação.

Brandão e Ferreira (2000, p.1415) afirmam que, a grande ramificação da drenagem associada a “valores relativamente alto para os índices de declividade média dos terrenos” na bacia do Córrego Pararangaba, favorecem a rápida concentração de águas pluviais no leito dos rios e, conseqüentemente, a área fica sujeita à inundação.

Segundo Oliveira (2003), as regiões próximas à jusante do ponto de confluência dessas sub-bacias são altamente propensas a inundação, em razão da calha do Córrego Pararangaba na região não apresentar significativo aumento da capacidade de escoamento das vazões dos afluentes.

O estudo realizado por Scofield et al. (2000) no período de 1974 a 1998 mostra que, a estação mais chuvosa para São José dos Campos é o verão com precipitação média no mês de Dezembro (175,3 mm), Janeiro (210,7 mm), Fevereiro (172,8 mm) e Março (148,4 mm). A precipitação nesta região está associada a intensa “atividade convectiva local” e “sistemas de tempo de grande escala (frentes frias, linhas de instabilidade, etc.) que passam pelo Vale”, com destaque para a “Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que nos meses de verão muitas vezes estaciona-se provocando chuvas por diversos dias.”

Método

No desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:10.000 elaboradas pela Secretaria de Planejamento do Estado de São Paulo, mapas temáticos obtidos dos CDs ROM Cidade Viva 2007 e 2008 obtidos junto a Prefeitura Municipal de São José dos Campos, que contém material cartográfico e temático digital no formato SPRING (.spr) para os dados planimétricos e altimétricos do município de São José dos Campos – SP. Os dados planimétricos na forma vetorial incluem: drenagem, classes de uso do solo, classes de unidades territoriais e sistemas viários. Os dados altimétricos referem-se ao Modelo Numérico de Terreno (MNT) com curvas de nível a cada 5m.

Foi incorporado ao banco de dados o mapa temático digitalizado das Classes de Uso e Ocupação do Solo para o ano de 1997, obtido a partir da análise e interpretação de fotografias aéreas coloridas na escala aproximada de 1:10.000, do sobrevôo realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE em novembro de 1997. Devido ao fato da imagem Quick Bird, relativa ao ano de 2008 disponível, não abranger a área total da região de estudo, foi confeccionado o mosaico do restante da sub bacia com o registro da imagem Quick Bird ortorretificada de 2007 disponível no CD-ROM “Cidade Viva 2007”.

A compartimentação da área de estudo da sub-bacia foi realizada por vetorização, em ambiente SPRING considerando-se os divisores d’água e balizado pelos dados altimétricos incorporados ao banco de dados.

Os mapas temáticos de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Córrego Pararangaba para os anos 2003 e 2008, foram obtidos através da análise e interpretação das imagens orbitais (Quick BIRD 2) diretamente na tela do computador, através dos elementos de

interpretação (tonalidade/cor, tamanho, forma, textura, padrão e dados colaterais), definidos em Valério Filho et al. (2003). Nesta fase foi realizado trabalho de campo em áreas que apresentaram dúvidas na interpretação.

Para avaliar a criticidade da sub-bacia do Córrego Pararangaba, quanto ao nível de impermeabilização do solo, os dados foram submetidos a cruzamento em ambiente SPRING (versão 4.3.3), onde cada classe de uso e ocupação do solo foi associada o seu respectivo índice de impermeabilização (Tucci 1997 e Tucci e Marques 2000), que resultou em um mapa com a espacialização das diferentes classes de uso e ocupação, quanto aos índices de impermeabilização.

Finalmente, efetuou-se uma análise da adequação acerca da Taxa de Ocupação (TO) estabelecida pela lei municipal de zoneamento do solo urbano (Lei Complementar Nº. 165 de 15 de novembro de 1997), frente a evolução das classes de uso e ocupação do solo na região da sub-bacia do Córrego Pararangaba. Para esta análise foi incorporado ao banco de dados o mapa do Zoneamento do Solo Urbano, proposto por esta Lei.

Resultados e Discussão

Segundo Freitas e Costa (2005, p.3765), na tentativa de ordenar a ocupação do solo urbano, e inibir a especulação imobiliária, têm sido elaboradas sucessivas leis urbanísticas municipais, bem como planos diretores, tão em voga no Brasil nas últimas décadas. Entretanto, esses instrumentos de planejamento têm se mostrado ineficazes, seguindo a reboque do crescimento urbano, vulneráveis à interesses corporativos.

Conforme afirmação de Silva (2010), no período de 1997 a 2009 foram realizadas cento e vinte e duas alterações na Lei Complementar Nº. 165 de 15 de novembro de 1997. Do total de alterações, 22% foram designadas em forma de decretos, 7% na forma de leis e 71% na forma de leis complementares. O maior número de alterações ocorreu nos anos 2003, 2007, 2008 e 2009, acima de dez ao ano.

Silva afirma, ainda, que as classes 'Uso e Ocupação do Solo' sofreram o maior número percentual de alterações, cerca de 60%. A classe 'Diversos' representa aproximadamente 20%, e 'Alterações de Parâmetro' pouco de mais de 15%. (SILVA, 2010).

A Figura 02 representa o Zoneamento do Solo Urbano vigente em 2008 resultante destas alterações, e mostra que na área de estudo ocorrem as seguintes unidades: Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), Zona de Vazio Urbano (ZVU), Zona Mista 2 (ZM2), Zona Mista 4 (ZM4), Zona Especial de Transição Industrial (ZETI), Zona de Uso Predominantemente Industrial (ZUPI), Área de Proteção Ambiental III (APA III) e Faixa Non Aedificandi.

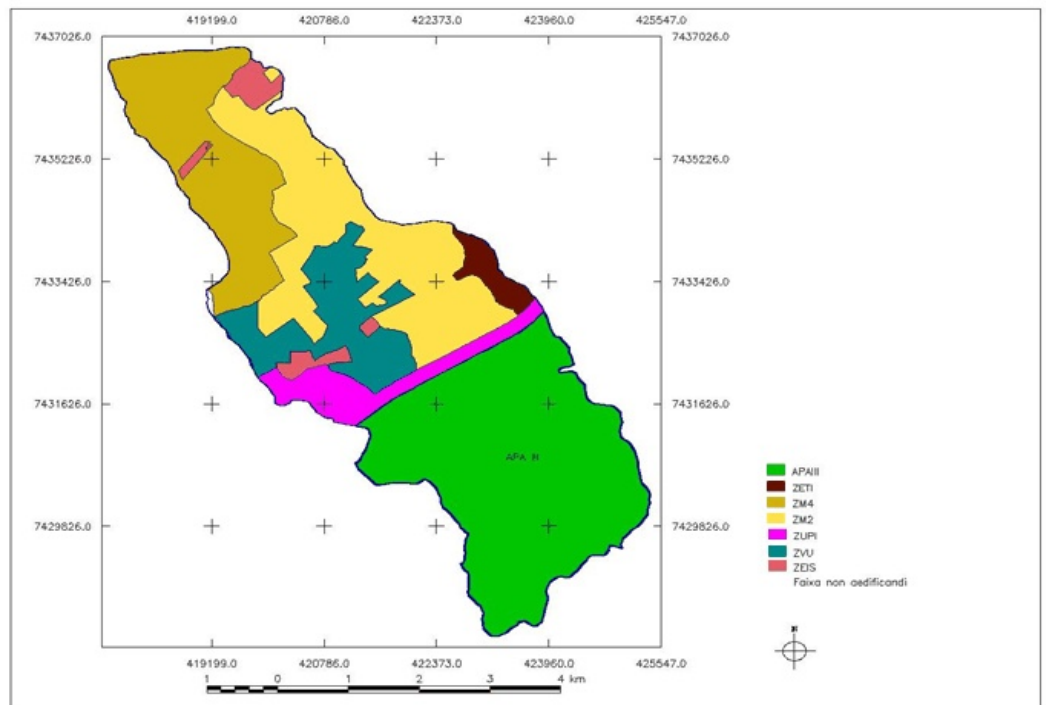


Figura 02— Mapa de Zoneamento do Uso do Solo Urbano 2008.

As classes de uso e ocupação do solo mapeadas em 1997, 2003, 2008 podem ser visualizadas Figuras 03, 04 e 05.

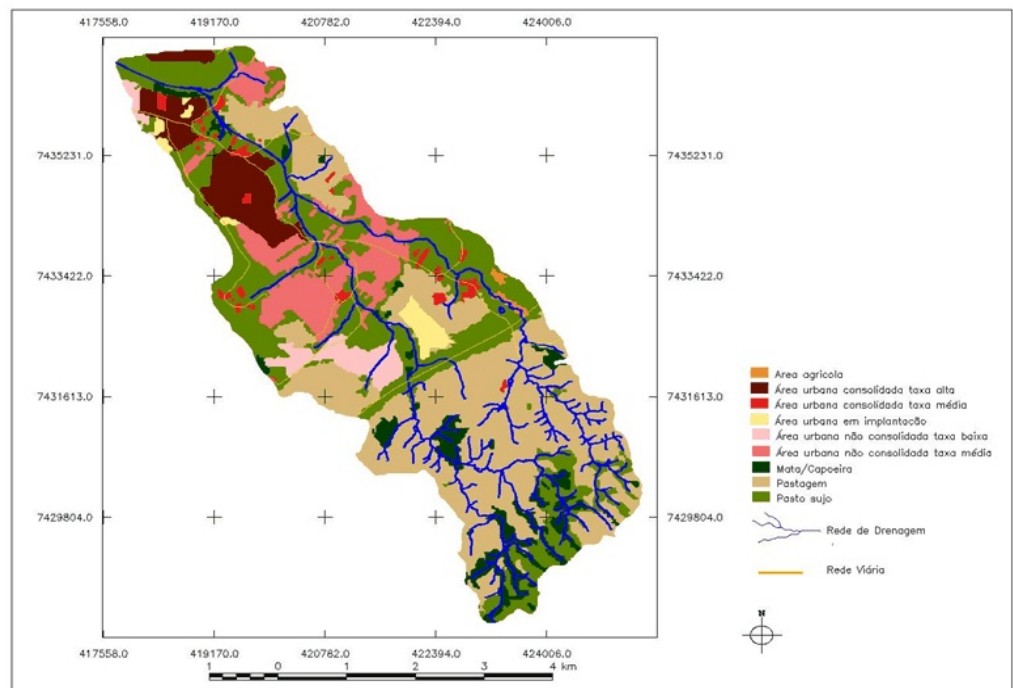


Figura 03— Mapa temático da área de estudo com a espacialização das classes de uso e ocupação do solo no ano 1997.

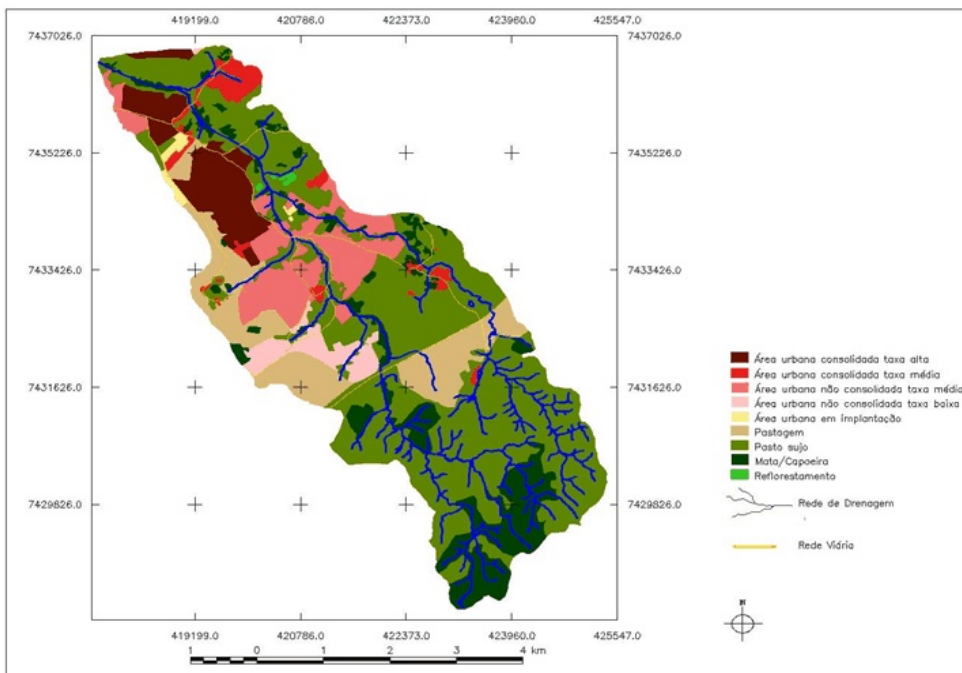


Figura 04— Mapa temático da área de estudo com a espacialização das classes de uso e ocupação do solo no ano 2003.

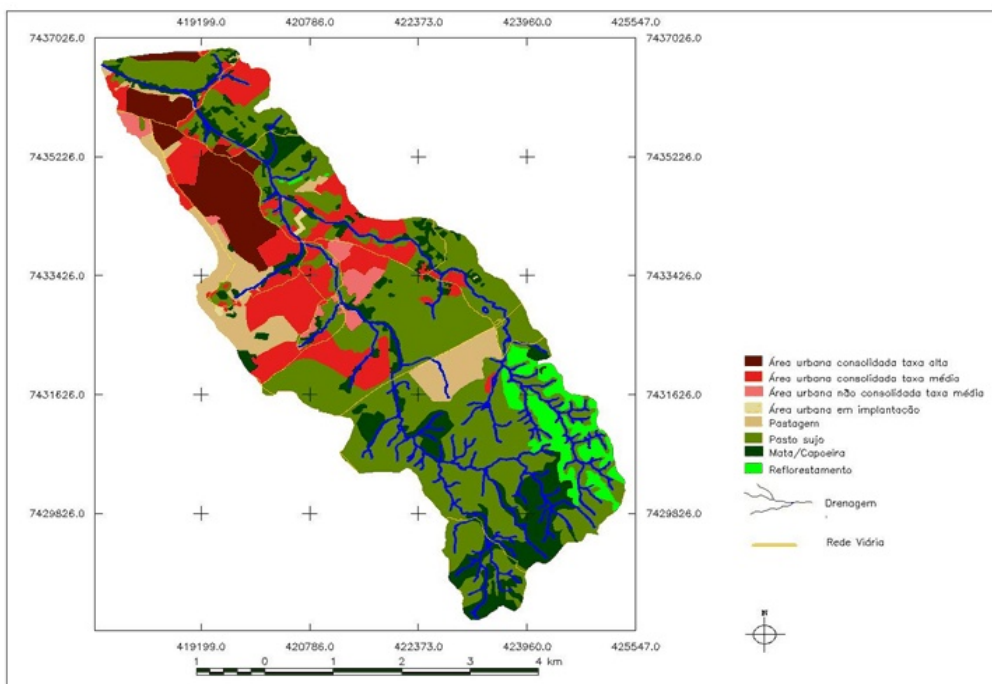


Figura 05— Mapa temático da área de estudo com a espacialização das classes de uso e ocupação do solo no ano 2008.

Pela análise comparativa das figuras verifica-se que as áreas urbanizadas passaram a ocupar áreas pertencentes a classe pastagem, e houve o adensamento dos perímetros urbanos implantados anteriormente. Ocorreu também a expansão da silvicultura de eucalipto em período mais recente.

A análise dos mapas permitiu verificar o crescimento urbano no período, bem como a alteração dos diferentes usos os quais podem ser avaliados quantitativamente pela Tabela 01.

Sub Bacia do Córrego Pararangaba (Área Total 25,89 Km²)

| Classes de Uso e Ocupação do Solo | 1997 (Km ²) | 1997 (%) | 2003(Km ²) | 2003 (%) | 2008 (Km ²) | 2008 (%) |
|-----------------------------------|-------------------------|----------|------------------------|----------|-------------------------|----------|
| Área Urbana Consolidada Alta | 1,76 | 6,79 | 1,83 | 7,07 | 1,97 | 7,60 |
| Área Urbana Consolidada Média | 0,45 | 1,73 | 1,48 | 5,72 | 4,73 | 18,27 |
| Área Urbana Não Consolidada Média | 2,73 | 10,54 | 2,82 | 10,89 | 0,77 | 2,97 |
| Área Urbana Não Consolidada Baixa | 0,85 | 3,28 | 1,35 | 5,21 | 0,00 | 0,00 |
| Áreas em Implantação | 0,45 | 1,73 | 0,17 | 0,66 | 0,05 | 0,19 |
| Área Agrícola | 0,09 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mata Capoeira | 1,59 | 6,14 | 3,21 | 12,40 | 3,42 | 13,20 |
| Pastagem | 9,97 | 38,50 | 4,36 | 16,84 | 3,55 | 13,71 |
| Pasto Sujo | 8,00 | 30,89 | 10,64 | 41,10 | 10,07 | 38,89 |
| Reflorestamento | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,12 | 1,33 | 5,14 |
| Total | 25,89 | 100,00 | 25,89 | 100,00 | 25,89 | 100,00 |

Tabela 01 — Áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo para os anos 1997, 2003 e 2008, na área de estudo.

A substituição das classes de uso e ocupação pelos respectivos índices em ambiente SPRING permitiu a visualização dos setores da bacia de maior criticidade quanto à impermeabilização da superfície do terreno para a área de estudo.

As classes de uso e ocupação do solo mapeadas em 1997, 2003, 2008 podem ser visualizadas Figuras 03, 04 e 05.

Visando uma melhor visualização dos locais com maior ou menor criticidade quanto a impermeabilização do solo, foram criadas 5 classes de criticidade quanto ao nível de impermeabilização do terreno: muito alta impermeabilização do Terreno - classe Área Urbana Consolidada com Alta Taxa de Ocupação; alta impermeabilização do terreno - Área Urbana Consolidada com Taxa Média de Ocupação; média impermeabilização do terreno - classe Área Urbana Não Consolidada com Taxa Média de Ocupação; baixa impermeabilização do terreno - classe Área Urbana não Consolidada com Baixa Taxa de Ocupação; muito baixa impermeabilização do terreno - classes Áreas em Implantação, Agricultura, Pastagem, Pasto Sujo, Mata Capoeira e Reflorestamento. O resultado desta integração pode ser visualizado na Figura 06, 07, 08.

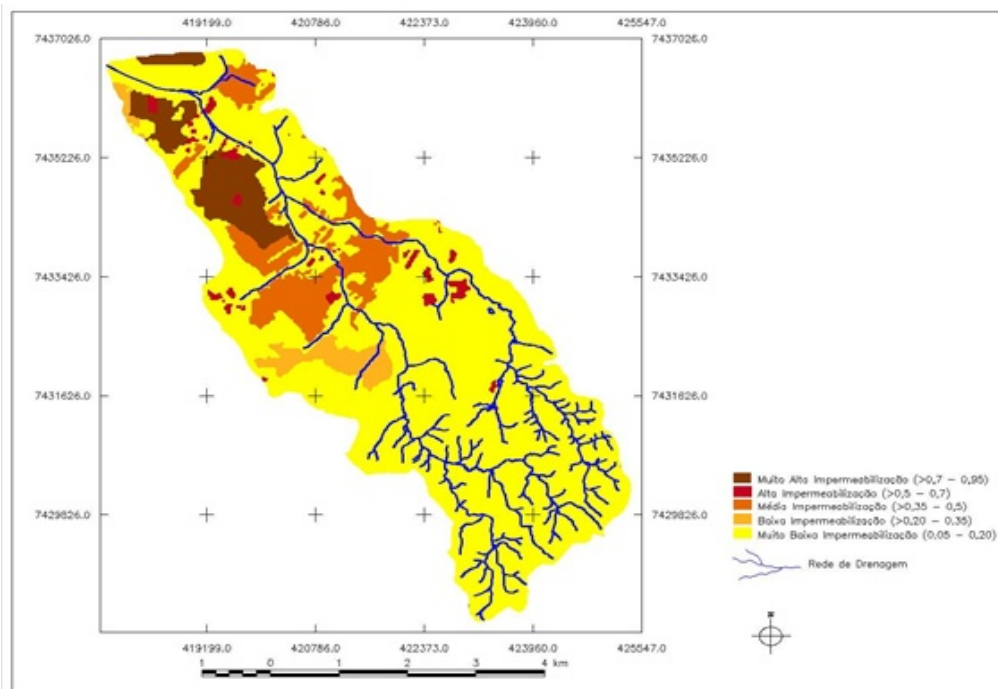


Figura 06 — Espacialização dos índices de criticidade quanto à impermeabilização do solo na área de estudo no ano 1997.

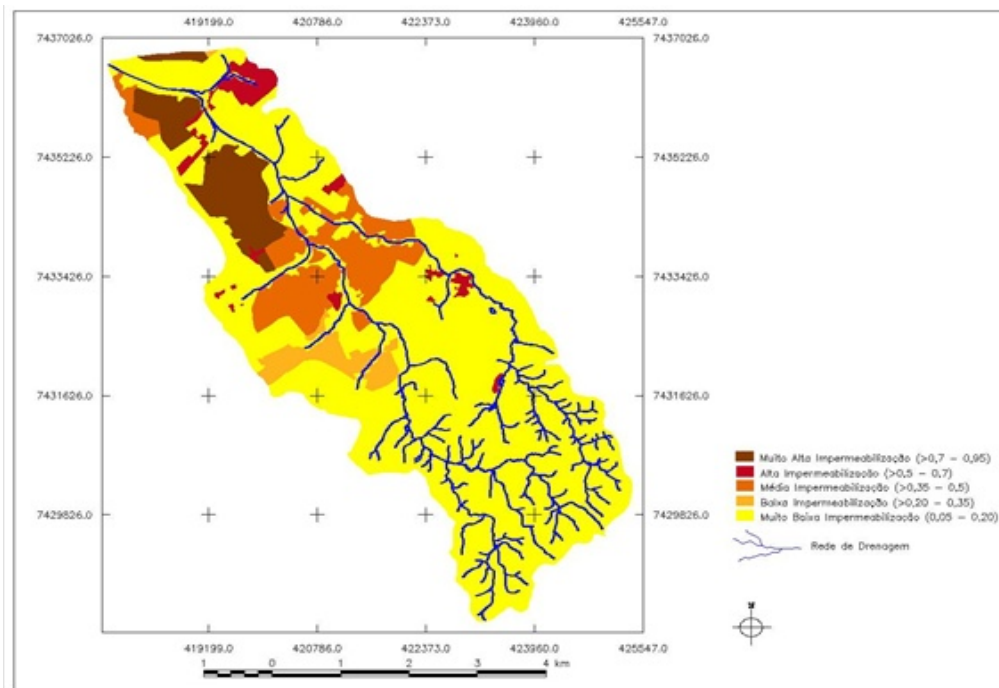


Figura 07— Espacialização dos índices de criticidade quanto à impermeabilização do solo na área de estudo no ano 2003.

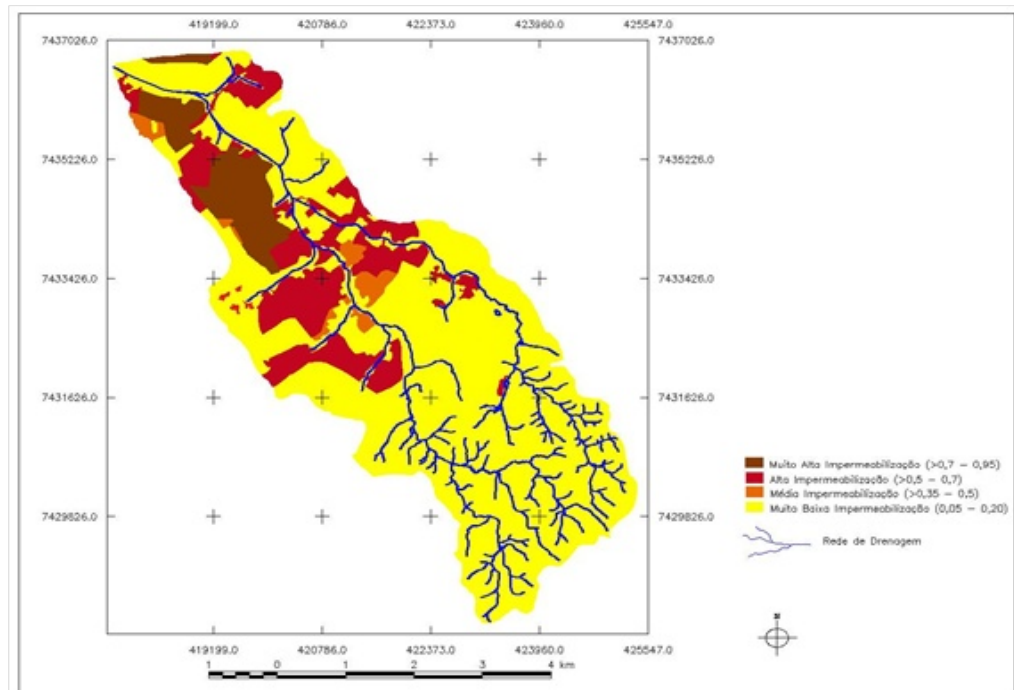


Figura 08— Espacialização dos índices de criticidade quanto à impermeabilização do solo na área de estudo no ano 2008.

A Tabela 02 apresenta a área ocupada (expressa em porcentagem) para cada um dos níveis de criticidade, quanto a impermeabilização do terreno na área de estudo.

Sub Bacia do Córrego Pararangaba (Área Total 25,89 Km²)

| Classes de Impermeabilização do Terreno / Período | 1997 | | 2003 | | 2008 | |
|---|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % |
| Muito Alta Impermeabilização | 1,76 | 6,79 | 1,83 | 7,07 | 1,97 | 7,60 |
| Alta Impermeabilização | 0,45 | 1,73 | 1,48 | 5,72 | 4,73 | 18,27 |
| Média Impermeabilização | 2,73 | 10,54 | 2,82 | 10,89 | 0,77 | 2,97 |
| Baixa Impermeabilização | 0,85 | 3,28 | 1,35 | 5,21 | 0,00 | 0,00 |
| Muito Baixa Impermeabilização | 20,10 | 78,60 | 18,41 | 71,12 | 18,42 | 71,15 |

Tabela 02 — Percentual de área impermeabilizada na sub-bacia do Córrego Pararangaba nos anos 1997, 2003 e 2008.

A integração das taxas de ocupação conforme o mapa de zoneamento vigente em 2008 na região de estudo com o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo em 2008, mostrou que dos 11,43 Km² estabelecidos pela lei de zoneamento para fins de ocupação urbana na região de estudo, 5,02 Km², ou seja, 43,91% desta área está ocupada pela classe área consolidada média e distribuídas entre as zonas APAIII, ZEIS, ZM2, ZM4, ZUPI, ZVU, Tabela 03.

A análise da evolução temporal das classes de uso e ocupação do solo para os anos 1997, 2003 e 2008, na área de estudo, mostra que, a classe Área Urbana Não Consolidada Baixa e Área Urbana Não Consolidada Média em 1997 foram transformadas em Área Urbana Consolidada Média. De acordo com os índices de impermeabilização adaptados de Tucci (1997) e Tucci e Marques (2000), a Área Urbana Consolidada Média indica que apresenta em média 60% do perímetro da classe impermeabilizada.

Considerando-se que a Área Urbana Consolidada Média classificada como nível de alta impermeabilização do solo (60%), tende a evoluir para Área Urbana Consolidada Alta. No futuro esta mesma área estará na classificação de nível Muito Alta Impermeabilização e em média 80% da área estará impermeabilizada.

Infere-se que ao aplicar a média do índice de impermeabilização de 0,8 na Área Urbana Consolidada Média que tende para Alta Consolidação e conjuntamente, manter a taxa de ocupação estabelecida pela lei de zoneamento de 80% para ZUPI, 10% para APA e 65% para restante das zonas, implicará no aumento da área impermeabilizada que em 2008 é de 4,50 Km², para 9,39 Km² futuramente.

Na zona ZM4, a classe Área Urbana Consolidada Alta ocorre em 41,29% (1,85 Km²), em menor expressão as classes Área Urbana Consolidada Média com 0,68 Km² e Área Urbana Não Consolidada Média com 0,15 Km², o que totaliza 2,68 Km² de área ocupada nesta zona.

A análise da evolução temporal com base nos mapas de uso e ocupação do solo de 1997 a 2008, para a zona ZM4 consoante a taxa de ocupação estabelecida na legislação e o índice de impermeabilização indicam que, as classes Área Urbana Consolidada Média e Área Urbana Não Consolidada Média tendem seu adensamento para o nível da classe Área Urbana Consolidada Alta. Isto resultará em um aumento da área impermeabilizada nesta zona, que passará de 1,94 Km² para 2,33 Km².

Cabe salientar que na zona ZEIS constatou-se a presença da classe Área Urbana Consolidada Média, com percentual de ocupação de 95,65%, maior do que o permitido pela lei de zoneamento no ano 2008 que é de 65,22%.

| | Área Urbana Consolidada Alta | Área Urbana Consolidada Média | Área Urbana Não Consolidada Média | Área Ocupada | Área Não Ocupada | (%) Taxa de Ocupação | Área da Zona | Ocupação por Lei | Área disponível para ocupação |
|--------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------|----------------------|--------------|------------------|-------------------------------|
| APAI | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 10,22 | 10 | 10,26 | 1,02 | 0,98 |
| ZM2 | 0,01 | 2,04 | 0,13 | 2,18 | 3,70 | 65 | 5,88 | 3,82 | 1,64 |
| ZM4 | 1,96 | 0,63 | 0,15 | 2,74 | 1,74 | 65 | 4,48 | 2,91 | 0,17 |
| ZEIS | 0,00 | 0,66 | 0,00 | 0,66 | 0,03 | 65 | 0,69 | 0,44 | -0,22 |
| ZETI | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 80 | 0,51 | 0,40 | 0,40 |
| ZUPI | 0,00 | 0,38 | 0,00 | 0,38 | 0,99 | 80 | 1,37 | 1,10 | 0,72 |
| ZVU | 0,00 | 0,98 | 0,49 | 1,47 | 1,22 | 65 | 2,69 | 1,74 | 0,27 |
| N.Aedi | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 1,97 | 4,73 | 0,77 | 7,47 | 18,42 | | 25,89 | 11,43 | 3,96 |

Tabela 03— Quantificação (Km²) da ocupação das classes de adensamento urbano frente às unidades de zoneamento identificadas na área de estudo em 2008.

A análise da evolução temporal nos anos 1997, 2003 e 2008 para as classes de uso e ocupação do solo, presentes nas zonas ZM2 e ZVU onde estão localizados os assentamentos em áreas ocupadas por população de baixa renda Jardim Ebenezer; Primavera II; Boa Esperança; Vila Matilde; Santa Rita; Santa Hermínia; Sítio Encantado; Primavera I; Cambucá e Sítio Bom Retiro, conforme Figura 09, mostra o aumento em extensão de área na classe Área Urbana Não Consolidada Média, que no ano de 1997 era de 2,73 Km² e passou para 2,82 Km² em 2003.

Nessa mesma área, no período de 2003 a 2008 observou-se um crescimento em área (3,02 Km²) e um adensamento da área urbanizada que passou da classe Área Urbana Não Consolidada Média para a classe Área Urbana Consolidada Média. Isso significa o aumento do nível de criticidade da impermeabilização do solo nessa área, que no ano 2003 apresentava em média 42% (1,18 Km²) da área impermeabilizada e em 2008 passou a 60% (1,81 Km²) de área impermeável.

Este resultado mostra também a incoerência da lei de zoneamento no que tange a classificação das áreas nesta porção da região de estudo, pois, os assentamentos em áreas ocupadas por população de baixa renda descritos acima deveriam estar sob a classificação ZEIS, com vistas a sua regularização. Neste sentido com base na pesquisa de campo verifica-se que o assentamento Santa Hermínia, por exemplo, está estabelecido há mais de dez anos na região de estudo, ainda não foi atendido em nenhum projeto vindo do poder público no sentido de viabilizar infraestrutura básica para a comunidade.



Figura 09— Imagem do satélite QuickBird-2 dos assentamentos em áreas ocupadas por população de baixa renda no ano 2008 na Sub-bacia do Córrego Pararangaba
Fonte: Prefeitura Municipal de São José dos Campos (2008)

O crescimento urbano tende a aumentar a impermeabilização do solo e consequentemente o escoamento superficial das águas pluviais, o que compromete a capacidade de suporte de drenagem ao longo de uma bacia hidrográfica, aumentando a probabilidade de eventos de inundações à jusante da bacia.

O registro do número de eventos de inundação, disponibilizados pelo setor de Defesa Civil da PMSJC, conforme Gráfico 1, para os bairros localizados na bacia hidrográfica do Córrego Pararangaba, mostram que no período de análise, com exceção do ano 2006, no qual a inundação ocorreu no mês de fevereiro no bairro Bom Retiro, o restante das ocorrências foram registradas no mês de janeiro, no bairro Jardim Nova Detroit.



Gráfico 1— Evolução temporal de eventos de inundação por ano e número de ocorrências
Fonte: PMSJC - Defesa Civil (2010)

Na relação dos índices de precipitação diária do mês de janeiro de 2003 com os eventos de inundação em 2003, verificou-se que embora a precipitação média acumulada de 311,1 mm, no mês de janeiro de 2003, tenha superado a média histórica de 210,7mm para esse mês, os eventos ocorreram tanto nos dias de maior precipitação (59,4 mm) cerca de 19,09% do acumulado no mês, quanto para os dias de menor precipitação (19 mm), referente a 6,10% do acumulado para o mês de janeiro de 2003.

Considerando-se que na área de estudo houve um aumento dos níveis de impermeabilização do solo, conforme o mapeamento dos anos 2003 e 2008, infere-se que embora o bairro Jardim Nova Detroit esteja localizado fora da área de estudo, mas à jusante da sub-bacia do Córrego Pararangaba, os eventos de inundação no local podem estar associados à impermeabilização que vem ocorrendo à montante da sub-bacia do Córrego Pararangaba, principalmente nos assentamentos em áreas ocupadas por população de baixa renda.

Esse raciocínio encontra respaldo quando se pesquisam as ocorrências de inundação dos anos 2003 e 2008 no banco de dados de um jornal da imprensa local. Diferente dos registros da Defesa Civil, o jornal (Jornal Valeparaibano, 2003) informou que as ocorrências de inundações no dia 21 de janeiro 2003 se deram tanto no bairro Nova Detroit quanto no Bom Retiro. Este último localiza-se dentro da área de estudo.

Em janeiro de 2008 as inundações ocorreram no bairro Nova Detroit, afetando 50 casas, aproximadamente. (Jornal O Vale, 2008). A deficiência em considerar os registros da Defesa Civil como fonte fidedigna do número de eventos de inundação no município de São José dos Campos também foi apontada por Perrella (2002). Conforme a autora, "tais deficiências foram constatadas" ao consultar os registros e "verificar que alguns episódios significativos" de inundação não constavam nos registros da Defesa Civil de São José dos Campos, "apesar de serem notícias de jornais do município." (PERRELLA, 2002).

Considerações Finais

A utilização das geotecnologias neste estudo proporcionou a visualização e análise da dinâmica histórica da urbanização com vistas às tendências da impermeabilização do solo, a luz da lei de zoneamento vigente no ano 2008. Conclui-se que a política de planejamento urbano do município deve ser concebida dentro da realidade local. Portanto, deve - se descartar modelos prontos e trabalhar na perspectiva da heterogeneidade de intervenções, a partir de princípios que englobem a dinâmica da cidade real, em seu contexto social - econômico, cultural, ambiental, estrutural e os elementos estruturantes do espaço. A implementação de uma política habitacional que possibilite o acesso democrático à cidade deve ser associada a uma política de planejamento urbano abrangente e, para tanto, faz-se necessário trabalhar com a cidade real e não só com a cidade legal.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, Juliane Borralho de ; SILVA, Fabrício Brito; GUSMÃO, Edvaldo Rafael; BRITO, Dalton Rodrigues Barros; DOURADO, Geusa Fonseca. "Mudança da cobertura vegetal do município de Buriti - MA nos anos de 2000 e 2007: uma abordagem com o uso de geotecnologias". In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais de resumo. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5587-5594.

BONDUKI, Nabil Georges. Meio Ambiente Urbano, Saneamento e Transporte. In: _____. Habitat: as práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras. São Paulo: Studio Nobel, 1996.

BRANDÃO, Ingrid Neves; FERREIRA, Marlene Elias. Bacia do Rio Pararangaba (São José dos Campos – SP): características físicas e impactos da urbanização. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA – CBMET, 2000, Rio de Janeiro. Anais de resumo. Rio de Janeiro: CBMET, 2000. 1415p.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo Cartaxo Modesto; FREITAS, Ubirajara Moura; GARRIDO, Juan. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. v.03, n.20, 1996.

CAMPOS, Sérgio; BARBOSA, Ana Paula; MANZANO, Leandro Moreira; JARDIM, Joice; CERAGIOLI, Natália Sousa; GONÇALVES, Shahine Paccola. "Espacialização do uso da terra na microbacia do Ribeirão Descalvado, Botucatu (SP) no período de 35 anos". Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia. v.2, n.1, p. 17-21, jan.- abr. 2009.

FARINA, Flávia Cristiane; AHLERT, Siclério; DURANTI, Raquel Rosa; SILVA, Tiago Pereira; FAGUNDES, Caroline Libardi. "Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento do município de Monte Belo do Sul, RS". In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais de resumo. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 515-521.

FREITAS, Rosângela Nicolay; COSTA, Sandra Maria Fonseca da. "Aplicação de técnicas de geoprocessamento na avaliação dos vazios urbanos existentes na cidade de São José dos Campos, SP, em 2000". In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais de resumo. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3763-3770.

JORNAL O VALE. Cidades. Disponível em: <<http://www.digitalflip.com.br/ovale/flip/Edicoes/00172=20-10-2010/07.PDF>> Acesso em: 22 mai 2010.

JORNAL VALEPARAIBANO. Disponível em: <<http://jornal.valeparaibano.com.br/2003/01/23/sjc/chuva2.html>> Acesso em 22 mai. 2010.

LEI COMPLEMENTAR Nº 165/97, DE 15 DE NOVEMBRO DE 1997. Dispõe Sobre a Ordenação do Território Mediante Controle do Parcelamento, do Uso e da Ocupação do Solo no Município de São José dos Campos, SP.

MARICATO, Ermínia. Conhecer para resolver a cidade ilegal. In: CASTRIOTA, L. (Org.) Urbanização brasileira: redescobertas. Belo Horizonte: C/Arte, 2003. p. 78-96.

OLIVEIRA, Vinicius Santos. Integração SIG e Modelo de Simulação de áreas Inundáveis: Bacia do Rio Pararangaba. 2003. f.68-95. Tese (Mestrado na área Infra - estrutura de Transportes) Engenharia de Infra-estrutura Aeronáutica, Divisão de Pós Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2003.

PAES, Fernando Camilo; PINTO, Sérgio dos Anjos Ferreira; DUTRA, Luciano Vieira. "Um Estudo Exploratório para Obtenção de Índices de Qualidade de Vida Urbana (IQV) Utilizando Imagens de Alta Resolução do Satélite IKONOS II". In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, Belo Horizonte. Anais de resumo. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1907-1914.

PEREIRA, Gislene. A natureza (dos) nos fatos urbanos: produção do espaço e degradação ambiental. Desenvolvimento e Meio Ambiente. Editora da UFPR, n. 3, 2001. 49p.

PERRELLA, Ana Catarina Farah; FERREIRA Marlene Elias. Um Estudo Sobre Inundações em São José dos Campos – SP. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz de Iguaçu. Anais de resumo. Foz do Iguaçu: CBMET, 2002. 1802 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. Banco de Dados Geográfico Cidade Viva. São José dos Campos, 2007. 1 CD-ROM.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. Banco de Dados Geográfico Cidade Viva. São José dos Campos, 2008. 1 CD-ROM.

SCOFIELD, Graziela Balda; SANTOS, Cláudia Cristina dos; FERREIRA, Jesus Ferreira; JORGE, Maria Paulete Pereira Martins. Caracterização do clima da cidade de São José dos Campos. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. Anais de resumo. Rio de Janeiro: CBMET, 2000. p.725-729.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. "Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção". Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.2, n. 2, 1997.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MARQUES, David Manuel Lelinho da Motta. Avaliação e Controle da Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000. 558 p.

VALÉRIO FILHO, Mario; ALVES, Marcello; GARCIA, Ronaldo; FANTIN, Marcel. "Caracterização de bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias". In: XI SBSR Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, Belo Horizonte. Anais de resumo. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1977-1983.

Endereço para correspondência

Paulo Roberto Belisário— Rua Angelo Bravini, nº 141 - Jardim Terras do Sul - São José dos Campos

E-mail: paulobeli@gmail.com

Recebido em 07 de março de 2011.

Revisado pelo autor em 07 de outubro de 2011.

Aceito em 10 de novembro de 2011.

