

Crescimento Urbano e Meio Ambiente: Uma Abordagem Metodológica Utilizando Geotecnologias

SANDRA M.F. DA COSTA

RODRIGO SANCHEZ

Universidade do Vale do Paraíba - I.P.& D.

Av. Shishima Hifumi, 2911 - URBANOVA - São José dos Campos - SP

CEP 12244-000

Sandra@univap.br

Abstract: The city of São José dos Campos is the most important city located at the Region of Paraíba River Valley, considering the process of industrialization. It was, and it continues being, marked by an intense industrialization, which started to command the growth of the municipal district after the decade of 50. The city grew without the local government could control the process definitively. In this sense, this research detected and evaluated the changes happened in the urban space of the city of São José dos Campos and analyzed the environmental occupation, as a consequence of the process of urban growth, during the period of 1953 up to 1997, without a town planning, using remote sensing data and techniques and a geographical information system (*geotechnologies*). The idea was to verify the city performance considering the relation between growth and site (environmental limitations) using the *geotechnologies* performance.

Keyword: *geotechnologies, urban growth, environmental suitability.*

1 Introdução

De acordo com Santos (1997), o espaço geográfico deve ser considerado como um conjunto de realizações através de funções e de formas que se apresentam como testemunho de um história escrita por processos do passado e do presente. Este espaço, ou espaço-paisagem, é o testemunho de um momento de um modo de produção nestas suas manifestações concretas, o testemunho de um momento do mundo. Neste contexto, Souza (1999) e Carlos (1992) afirmam que o espaço urbano é a expressão espacial do modo de produção: é mundial, abstrato. Reproduz, num momento, vários momentos da história.

De acordo com Gottdiener (1993), a forma do espaço urbano é a materialização do desenvolvimento contínuo do capitalismo. Assim, os traços distintivos da morfologia espacial urbana estão dialeticamente relacionados com as mudanças estruturais na organização social.

Estes conceitos permitem concluir que é muito importante, para compreender o espaço urbano, ou a cidade, estudar e analisar a forma urbana e seu crescimento como subsídios às políticas de planejamento. Frequentemente, estes estudos mostram que o crescimento de cidades é um processo dinâmico, invadindo, constantemente, áreas que não são adequadas para usos do solo urbano, guiando o crescimento da mancha urbana que é usualmente não planejado (Nagarathinam et al., 1988).

Neste contexto, as *geotecnologias* (o uso conjunto de tecnologias de sensoriamento remoto e SIG) têm sido utilizadas como uma ferramenta importante para ajudar planejadores urbanos apreenderem a dinâmica espacial e a forma urbana. Podem fornecer aos planejadores material visual impactante e um método de monitoramento de áreas urbanas, os quais são importantes na formulação e monitoramento de estratégias de planejamento urbano e de políticas municipais. Este ferramental tem sido aplicado com sucesso em diferentes estudos urbanos: Li e Forster (1998), Costa e Cintra (1999), Meinel et al. (1998), Pathan et al. (1998).

Considerando o exposto acima, esta pesquisa detectou e avaliou as mudanças ocorridas no espaço urbano da cidade de São José dos Campos, São Paulo, e analisando também sob o ponto de vista ambiental, como uma consequência do processo de crescimento urbano utilizando *geotecnologias*. Este trabalho analisou o período de maior transformação urbana para o Brasil e, conseqüentemente, para esta cidade, em relação à industrialização e às mudanças econômicas recentes: de 1950 a 1997.

2 Área de Estudo

A área selecionada para esta pesquisa corresponde ao perímetro urbano do município de São José dos Campos, localizado no estado de São Paulo (**figura 1**), definido em 1997, de acordo com a respectiva Lei de Zoneamento. O perímetro urbano é a fronteira de uma superfície que se quer ocupar com uma cidade. Ele é fundamental para a organização administrativa do município, pois separa as áreas urbanas das rurais. É estabelecido por lei e sem perímetro definido é impossível estabelecer qualquer planejamento urbano. O perímetro urbano deve refletir a dinâmica da cidade, o que obriga a sua revisão de tempos em tempos (Ferreira dos Santos, 1988).



Fig. 1 - Localização da área de estudo

3 Metodologia

Os principais passos da pesquisa são detalhados a seguir.

3.1 Produção dos mapas da área urbana

De acordo com o fluxograma, alguns dados foram coletados para produzir um mapa da área urbana em períodos distintos e proporcionar a identificação de mudanças no espaço urbano. Esses mapas foram elaborados utilizando fotografias aéreas, na escala 1:25.000, obtidas em 1953, 1962, 1973 e 1985, e uma imagem SPOT Pancromática, obtida em 1997, escala 1:25.000. Destes dados, foram extraídos os limites urbanos, os quais foram digitalizados para o SIG Arc-Info e manipulados (sobrepostos) para permitir o cálculo da taxa de crescimento urbano e definir os principais eixos de crescimento entre cada período de estudo.

3.2 Elaborando o mapa de aptidão física

O perímetro urbano de cidade de São José dos Campos é coberto por 21 cartas topográficas na escala 1:10.000. Todos estes mapas foram digitalizados considerando apenas as curvas de nível, obtidas a cada 5 metros, e a rede drenagem. A partir destas informações, um mapa de declividade foi produzido com cinco classes, em graus, usando os comandos do Arco-Info: createtin (produz um TIN a partir de dados vetoriais), tinarc (produz um mapa de declividade em graus ou porcentagem), e polygrid (produz um mapa no formato raster para possibilitar o cruzamento de dados). Todos os rios e nascentes foram digitalizados e, a partir destas informações, utilizando-se o código florestal, foi produzido um mapa "buffer", mostrando a distância de trinta metros das margens dos rios e 50 metros das nascentes. Estas informações permitiram visualizar as incoerências do processo de ocupação considerando estas duas variáveis físicas.

De acordo com as características de cada mapa temático, e com a metodologia proposta por Costa (1996), foi produzido o mapa de aptidão física. Na metodologia citada, a autora estabelece cruzamento de três informações físicas (drenagem, declividade e solos), considerando as características e limitações à ocupação de cada classe encontrada nas respectivas categorias. Na **tabela 1** é mostrado como foi elaborado o cruzamento das informações nesta pesquisa, considerando a proposta seguida.

3.3 Análise do crescimento urbano e suas relações com o meio ambiente

O próximo passo foi estabelecer a relação entre os mapas de área urbana, produzidos para cada ano e o mapa de aptidão física, o qual foi produzido utilizando o SIG Arc-Info. Este procedimento permitiu entender o comportamento da cidade considerando a limitação ambiental, no que diz respeito aos parâmetros considerados.

4 Resultados e Discussão

4.1 Crescimento Urbano

O mapa de crescimento urbano produzido, utilizando as fotografias aéreas e a imagem de satélite SPOT/PAN, pode ser visualizado na **figura 2**. De acordo com este mapa, a cidade estudada tinha ocupado o platô principal completamente até 1962. De fato, naquele momento a cidade não tinha uma lei de zoneamento que pudesse controlar ou até mesmo guiar seu crescimento e, por algumas decisões públicas, a cidade foi sendo adaptada ao seu desenvolvimento industrial dinâmico. É interessante perceber que a ocupação inicial, entre 1953 e 1962, se deu nos locais mais adequados ao crescimento, ou seja, nos platôs (terraços),

onde a declividade máxima gira torno de 5°. Neste período a cidade cresceu 4,8 km², o que significou um incremento de 250% em sua mancha urbana.

Tab. 1 - Regra de Cruzamento

Mapas	Classes	Restrições à Ocupação
Declividade	Classe I - $\leq 10^\circ$	áreas sem restrições à ocupação
	Classe II – de 11° à 20°	áreas com baixa/média restrição à ocupação
	Classe III – de 21° à 40°	Áreas com alta restrição à ocupação
	Classe IV - $> 40^\circ$	áreas proibidas à ocupação
Drenagem	Classe 1 - > 30 metros	Ocupação permitida
	Classe 2 - ≤ 30 metros	Ocupação proibida
Cabeceiras	Classe 1 - ≤ 50 metros	Ocupação proibida
Cruzamento	Classe 1	Declividade $\leq 10^\circ$, distância das margens > 30 m e sem nascentes
	Classe 2	Declividade $> 10^\circ$ e $\leq 20^\circ$, distância das margens > 30 m e sem nascentes
	Classe 3	Declividade $> 20^\circ$ e $\leq 40^\circ$ e distância das margens > 30 m e sem nascentes
	Classe 4	Declividade $> 40^\circ$ e distância das margens > 30 m e sem nascentes
	Classe 5	Declividade $\leq 10^\circ$ e distância das margens ≤ 30 m ou com nascentes

A primeira lei de zoneamento foi elaborada em 1971 (Lei no. 1606/71) e seu efeito não foi percebido em 1973. Entre 1962 e 1973 a cidade cresceu 7.6 km² (77.5%), apresentando um novo eixo de crescimento, na direção Sul e Sudeste, sendo guiado pela existência de espaços livres com infra-estrutura. Durante o período de 1973 a 1985, a taxa de crescimento urbano foi mais significativa em direção à zona Sul. Isto foi incentivado pela lei de zoneamento proposta em 1980, a qual especificou aquela área como zona residencial unifamiliar. A taxa de crescimento urbano durante este período não foi a maior mas a mais significativa em termos de números absolutos 21.1 (120,7%). Naquele momento, o município teve um aumento na sua industrialização, o qual produziu efeitos na área urbana tais como aumento da população urbana e crescimento econômico.

Entre 1985 e 1997, é possível notar uma diminuição no processo, causada por problemas econômicos (crise de 80) e por um crescimento urbano vertical maior que horizontal. Os principais eixos de crescimento urbano durante este período (Figura 3) ocorreu no setor sudoeste da cidade, onde muitos assentamentos ilegais surgiram. A Lei de zoneamento, aprovada em 1990, definiu aquela área como "macrozona de expansão urbana", a qual, associada ao baixo preço da terras, motivou o crescimento para àquela direção. A última lei de zoneamento, publicada em 1997, tentou corrigir essas falhas porém ainda não foi possível medir os seus reflexos.

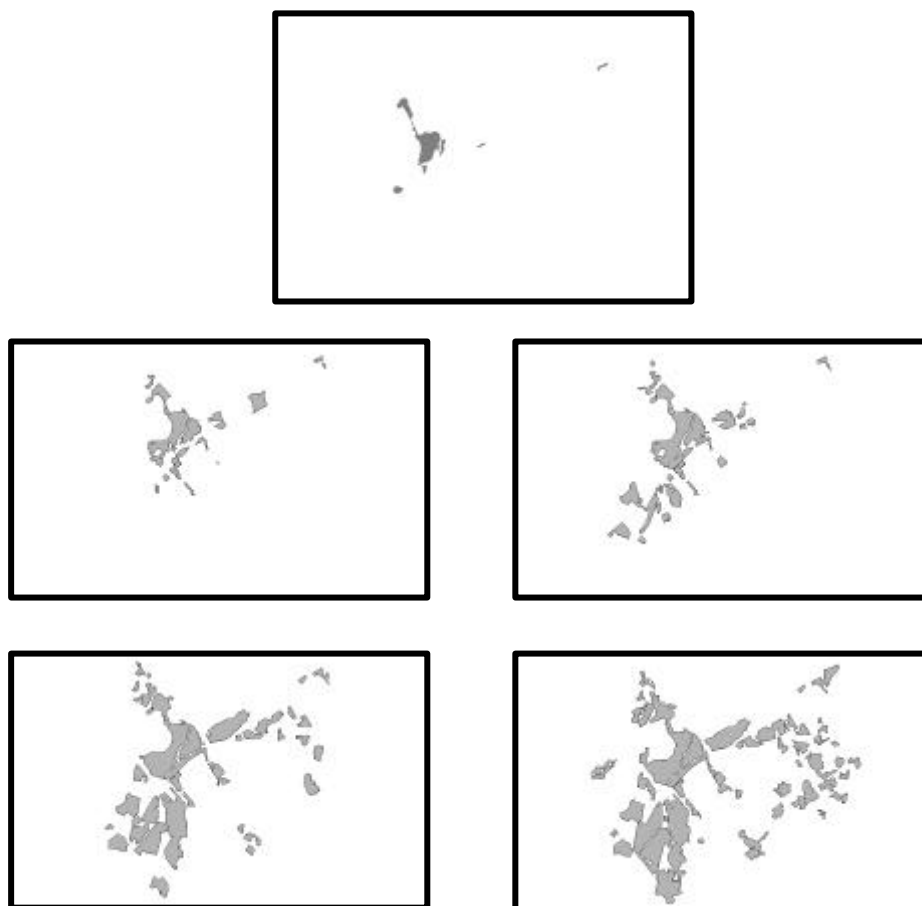


Fig. 3 - Mapas da mancha urbana em: (a) 1953; (b) 1962; (c) 1973; (d) 1985 e (e) 1997. representando o crescimento urbano entre 1953 e 1997

4.2 Aptidão Física x Ocupação Urbana

A área urbana de São José dos Campos não possui grandes problemas associados à declividade. Na realidade, 58.7% da área possui uma declividade que varia de 0° à 5° , e 34.8% de 6° à 15° , significando que o sítio é predominantemente plano ou suave ondulado.

Em relação às classes de aptidão (**figura 4**), considerando a drenagem e a declividade, constatou-se que o principal problema relacionado à aptidão física refere-se às microbacias que cruzam o sítio do perímetro urbano. Neste mapa, de acordo com o código florestal, considerando-se a distância de 30 metros que deve ser mantida para preservar o canal de drenagem da degradação, e de 50 metros das nascentes, observou-se que 11,24% da área do perímetro não pode ser ocupada. Porém, a maioria do sítio não impõe restrições de uso, ou seja, 74,24% da área mantém uma distância de mais de 30 metros em relação às margens dos rios, possuindo declividade entre 0° e 5° , não estando próximo às áreas de nascente (**tabela 2**).

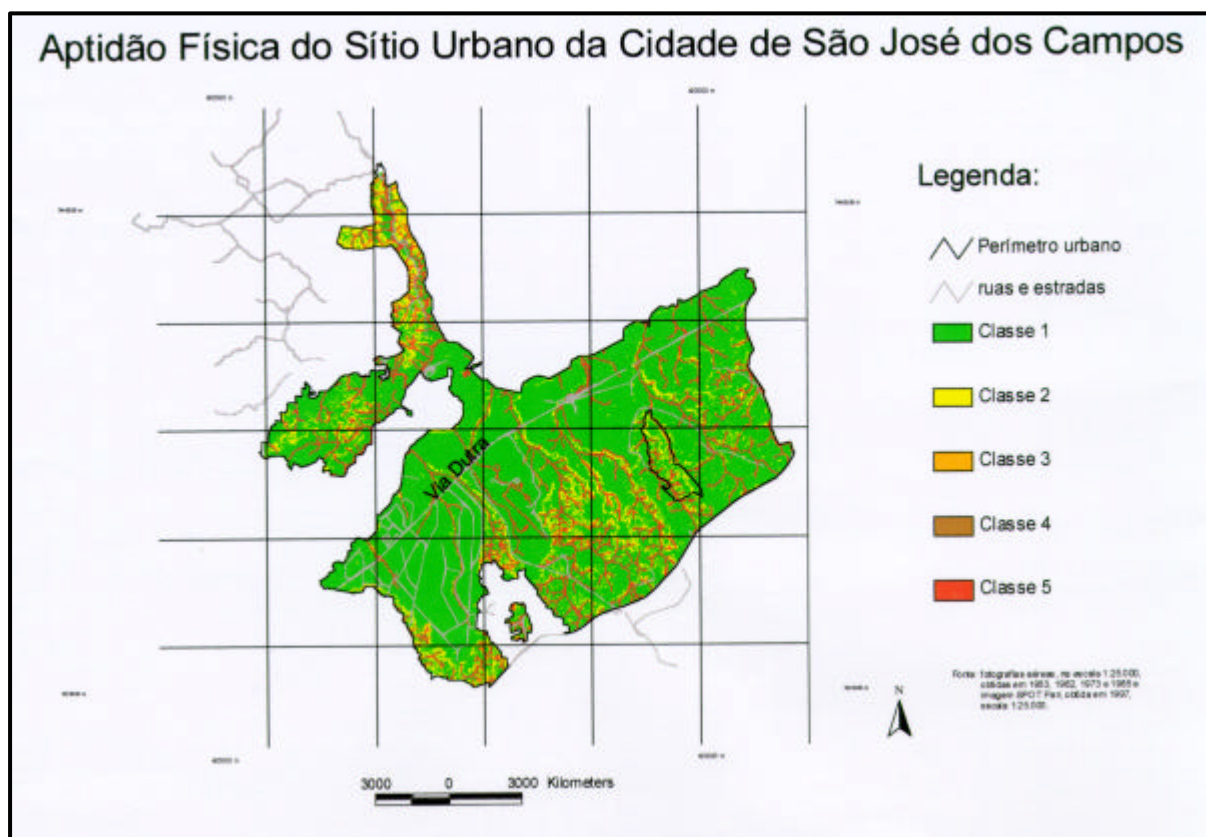


Fig. 4 - Mapa de aptidão física

Tab. 2 - Área Ocupada Pelas Classes de Aptidão no Perímetro Urbano

	Área (km ²)	%
Classe 1	181,5	74,4
Classe 2	34,5	14,12
Classe 3	0,5	0,2
Classe 4	0,1	0,04
Classe 5	27,4	11,24

O mapa da mancha urbana em 1997 foi cruzado com o mapa de aptidão para possibilitar a verificação das incoerências, ou seja, dos conflitos entre ocupação e aptidão física do sítio urbano (**tabela 3**). Assim, foi possível verificar que o maior problema da cidade é, realmente, a ocupação de várzeas. A área urbana de São José dos Campos é cortada por 8 microbacias urbanas, que encontram-se, hoje, bastante degradadas pelo processo de ocupação inadequado. Possui, neste perímetro, 562 nascentes, sendo que a área de proteção ambiental é de aproximadamente 4,3 km².

De acordo com o cruzamento realizado, 4,28% da área urbana está ocupando locais com declividade igual ou inferior a 5° porém nas proximidades das margens dos rios que cruzam a cidade. Além deste problema, 0,5 km² da área urbana encontra-se ocupando áreas de nascentes, ou seja, avançaram o limite de 50 metros estabelecidos pelo código florestal como área de preservação permanente, o que corresponde a 11,6% da área das nascentes. Um reflexo deste panorama é sentido no período de chuvas (de novembro a março), quando os bairros localizados nestas áreas sofrem com inundações. Outros problemas são mais pontuais pois relacionam-se a ocupação de áreas de declividade superior a 30°, ao norte ou ao sul da cidade (0,05% da área urbana atual). Como foi percebido na pesquisa, mais de 88% da cidade não está ocupando terrenos inadequados, sob o ponto de vista da declividade e da drenagem.

Tab 3 - Área Ocupada Pelas Classes de Conflito

Classe	%
Conflito 1	4,28
Conflito 2	7,15
Conflito 3	0,03
Conflito 4	0,02
Sem conflito	88,52
Total	100

5 Conclusão

De acordo com os parâmetros utilizados, foi entender o comportamento do crescimento da mancha urbana e relacioná-lo à declividade e drenagem, incluindo aí as cabeceiras, como elementos importantes a serem considerados no processo de planejamento da expansão urbana.

Neste contexto, percebe-se claramente que o perímetro urbano foi definido de acordo com a topografia, não comprometendo definitivamente o processo de ocupação. Assim, este artigo mostra que mais que 88% da área tem um local adequado e que a área urbana tem crescido para os melhores locais.

Um próximo passo da pesquisa será analisar os outros parâmetros físicos, como também considerar as informações sócio-econômicas dentro deste contexto: relação do social com o meio físico.

Dentro das limitações de informações encontradas, foi possível perceber a eficiência e poder de auxílio das geotecnologias, a qual tem demonstrado ser uma ferramenta importante para os tomadores de decisão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio financeiro dado a esta pesquisa, sem o qual o seu desenvolvimento seria inviável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Carlos, A. F. A. 1992. A cidade. Contexto, São Paulo, 98 p.
- Costa, S.M.F. 1996. Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto – aplicação à Área Metropolitana de Belo Horizonte. Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 200 p.
- Costa, S.M.F.; Cintra, J.P.1999. Environmental analysis of the metropolitan areas in Brazil. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54(1999), pp. 41-19.
- Ferreira dos Santos, C.N. 1988. A cidade como um jogo de cartas. Projeto Editores, São Paulo, 192 p.
- Li, L.; Forster, B.C. 1998. Features and themes overview of features extraction and spectral classification and the impact of high spatial resolution satellite image data. In: ISPRS Commission VII Symposium, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary, pp. 245-249.
- Meinel, G.; Lippold, R.; Netzband, M. 1998. The potential use of new high resolution satellite data for urban and regional planning. In: ISPRS Commission VII Symposium, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary, pp. 250-257.
- Nagarathinam, V.; Jayagobi, K.; Maruthachalam, M.; Panchanathan, S.; Palanivelu, R. 1988. Urban monitoring using SPOT imagery - a case study. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, Japan, Vol. XXVII, Part B9, pp. vii-322-vii328.
- Pathan, S.K.; Bhanderi, R.J.; Arya, A. S.; Navalgund, R.R.; Bhavsar, N.M.; Desai, P.P.; Gajjar, K.J.; Aggarwal, B.S.; Bhowmik, M.M. 1998. A perspective plan for Ahmedabad Urban development authority area - 2011: remote sensing and GIS based approach. In: ISPRS Commission VII Symposium, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary, pp. 258-265.
- Santos, M. 1997. Espaço e Método. Nobel, São Paulo, 88 p.
- Souza, M. A. de. 1999. A metrópole global? Refletindo sobre São Paulo. In: Souza, M.A. de et al. (orgs). Metrópole e globalização. CEDESP, São Paulo, 254 p.