

Detecção e Avaliação das Mudanças na Mancha Urbana de São José dos Campos, SP, Utilizando Dados e Técnicas de Sensoriamento Remoto - Uma Análise Multitemporal

Isabella Moretti de Oliveira ¹
Sandra M. Fonseca da Costa ²

UNIVAP- Universidade do Vale do Paraíba
Av. Shishima Hifumi, 2911
12244-000 São José dos Campos SP

¹ ✉ isabella@univap.br

² ✉ sandra@univap.br

Conteúdo	<p>1 Introdução</p> <p> 1.1 Problematização</p> <p> 1.2 Objetivos</p> <p>2 Área de Estudo</p> <p> 2.1 Município de São José dos Campos</p> <p>3 Metodologia</p> <p> 3.1 Processamento digital das imagens de satélite</p> <p> 3.2 Mapeamento do Crescimento Urbano.</p> <p>4 Resultados e Discussão</p> <p> 4.1 Avaliação do crescimento da mancha urbana através das fotografias aéreas.</p> <p> 4.2 Avaliação do crescimento da mancha urbana através das imagens de satélite</p> <p> 4.3 Comparação dos resultados</p> <p> 4.4 Definição dos eixos de crescimento da mancha urbana</p> <p>5 Referências bibliográficas</p>
-----------------	---

Resumo : São José dos Campos, localizada no estado de São Paulo, foi, e continua sendo, marcada por uma intensa industrialização que passou a comandar o crescimento do município após a década de 50. A intensificação do processo de crescimento industrial, na década de 70, causou muitas transformações espaciais, decisivas no processo de reestruturação da mancha urbana. Entre estas, o crescimento da mancha urbana foi responsável por novos eixos de crescimento, sem que o governo local conseguisse estabelecer uma ordem que organizasse a ocupação. Neste sentido, esta pesquisa pretende detectar e avaliar as mudanças ocorridas na mancha urbana de São José dos Campos e definir os principais eixos desse crescimento utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto entre os anos de 1977 e 1997, período de grande crescimento urbano da cidade. Torna-se de fundamental importância entender o que ocorreu no espaço urbano, de que forma ocorreu como subsídios ao planejamento urbano.

Palavras chave : crescimento urbano, sensoriamento remoto.

Abstract : The city of São José dos Campos, located in the of São Paulo, it was , and it continues being, marked by na intense industrialization, which started to commnd the growth of the municipal district after the decade of 50. The intensification of the industrial growth process, in the decade of 70, caused many spatial transformatios, decisive in the process of restructuring of the urban limits. Among these, the growth of the urban space was responsible for new growth axes , without the local government could control the process. In this sense, this research detected and evaluated the changes happened to the urban space of the city of São José dos Campos, defining the main growth axes , between 1977 and 1997, period of great urban growth of the city, using remote sensing data and techniques. It is very important to understand what happened in the urban space, how it happened, as subsidy to the urban planning

Keywords : urban growth, remote sensing.

1 Introdução

1.1 Problematização

Serra (1987) considera que mesmo após a intensa urbanização ocorrida nos últimos 100 anos no mundo, a superfície ocupada pelas áreas urbanas corresponde a uma porção mínima da superfície dos continentes e dos espaços humanizados. Porém, como afirma este mesmo autor, nesta pequena fração do espaço humanizado concentram-se proporções de população cada vez maiores. Esta tendência, que se iniciou com a industrialização, prosseguiu no século XX, causando a concentração, de forma bem expressiva, em algumas regiões metropolitanas.

Sobre esta questão, Zahn (1983) afirma que, para a década de 80, como consequência do processo de urbanização, verificava-se "uma tendência generalizada à multiplicação de núcleos urbanos e ao aumento gradual do porte das cidades, ampliando as proporções do fenômeno urbano, tanto em termos quantitativos como qualitativos". Entre as consequências deste processo de urbanização no Brasil, Ronca (1983) ressalta o desenvolvimento de extensas áreas, com grande concentração populacional.

Zahn (1983), ainda coloca que há uma estreita relação entre a estrutura de organização espacial da população e a estrutura econômica predominante na sociedade. Assim à progressiva transformação econômica no sentido da industrialização, corresponde o gradual aumento da participação da população urbana no conjunto.

Galvão et al. (1969) já consideravam muito importante realizar análises do crescimento urbano do ponto de vista longitudinal, ou seja, temporal, pois é necessário ter uma visão "prospectiva" da evolução dos problemas, das tendências de crescimento e suas direções, com o propósito de poder planejar a ocupação do espaço. Isto implicaria na compreensão da evolução histórica do processo.

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, este tipo de estudo 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).

Para facilitar estes estudos, Forster (1994) afirma que o sensoriamento remoto surge como uma técnica alternativa e bastante eficiente para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano. Esta técnica, aliada a outras tecnologias, fornece a possibilidade de monitorar, além do crescimento urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da mancha urbana. Alexander et al. (1968) já consideravam que o sensoriamento remoto, embora não sendo a única fonte de dados para análise de áreas urbanas, poderia substituir, com vantagens, as técnicas tradicionais de coleta de dados quanto ao custo e repetitividade de informações.

1.2 Objetivos

O Vale do Paraíba, situado entre os dois maiores centros manufatureiros e consumidores do país, dispendo de ótimas vias de transportes rodoviário e ferroviário, com água abundante e grande potencial hidroelétrico, localizado próximo do litoral, junto dos dois portos de maior movimento internacional e onde se podem desenvolver outros bons portos marítimos, é portanto, uma região do país que encontra-se em situação privilegiada para um grande surto industrial. O que pode ser observado no processo de urbanização de São José dos Campos, que a partir da década de 1950, acelerou-se a industrialização no município com a inauguração da Via Dutra e o funcionamento do Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), e com a implantação do ITA (Instituto Tecnológico Aeroespacial) conseqüentemente, ocorrendo um grande crescimento populacional intensificando a urbanização do município, porém de modo desordenado (Muller, 1969).

A expansão urbana, que já vinha se processando ao longo da Via Dutra, ultrapassou-a ocupando áreas distantes, na parte sudoeste e leste da cidade, não se restringindo mais somente às proximidades da faixa industrial. Em 1980, o quadro urbano havia se transformado grandemente, devido à intensificação da industrialização na década de 70, ocasionada por fatores diversas e principalmente pela instalação da Petrobrás, ocupando grande área de expansão urbana já ocupada com vários loteamentos.

Desta forma, torna-se de fundamental importância entender o que ocorreu no espaço urbano, como ocorreu e o por quê destas mudanças, principalmente no que se refere ao planejamento urbano pois entendendo o processo, a Prefeitura Municipal pode estabelecer critérios para controlar os acontecimentos futuros e proporcionar uma melhor qualidade de vida a sua população.

Neste sentido, esta pesquisa pretende detectar e avaliar as mudanças ocorridas na mancha urbana da cidade de São José dos Campos, utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto. Esta pesquisa irá estudar o período de maior transformação urbana, em função da industrialização e mudanças econômicas recentes: 1977 a 1997.

2 Área de Estudo

2.1 Município de São José dos Campos

O município de São José dos Campos está localizado na porção leste do Estado de São Paulo, na Região do Vale do Paraíba, limitado pelas coordenadas 22°47'30" a 23° 20'00" de latitude sul e 45°41'15" a 45°52'30" de longitude W.Gr. Possui uma área de 1.118Km, sendo que 243 Km em áreas urbanas.

De acordo com Serafim (1998) a intensa industrialização ocorrida no período de 1950 a 1970, em São José dos Campos, ocasionou a expansão do principal núcleo urbano. Vários fatores ocasionaram este crescimento industrial, entre eles: localização da cidade, ofertas de terrenos, concessão e incentivos fiscais pela prefeitura, inauguração da Via Dutra, construção do CTA.

É atualmente o município de maior destaque e influência na região, como pode se observar através da sua taxa de crescimento populacional (0,8% em 1970, 1,1% em 1980 e 1,4 em 1991, IBGE 1991) e pelo seu desenvolvimento industrial (município do interior com maior porcentagem de área industrial construída, entre 1980-1985, Secretaria do Meio Ambiente, 1989). Destacam-se as indústrias de bens de consumo duráveis e de capital, favorecidas, principalmente, pela localização entre os dois maiores centros urbanos-industriais do País, São Paulo e Rio de Janeiro, (IPT, 1996)

O município de São José dos campos, sob o aspecto espacial, apresenta características topográficas e barreiras físicas sobre o processo de ocupação e o mercado imobiliário . A exiguidade de área passível de ocupação, especialmente com características de construtibilidade , aliada ao intenso crescimento econômico e populacional e uma diversificada estrutura social pressionam para cima os preços dos imóveis, chegando a atingir níveis superiores aos praticados em várias regiões metropolitanas do país, contribuindo para ocupações de áreas inadequadas a urbanização, principalmente na forma de loteamentos clandestinos.

Configura-se como um polo econômico com ascendência sobre todos os demais núcleos paulistas do Vale do Paraíba do Sul. Abrange em sua área de influência mais próxima as cidades de Jacareí, Caçapava, Pindamonhangaba e Taubaté. Cerca de 25% da mão de obra empregada nas indústrias joseenses, tem residências em cidades vizinhas.

AMÉRICA DO SUL

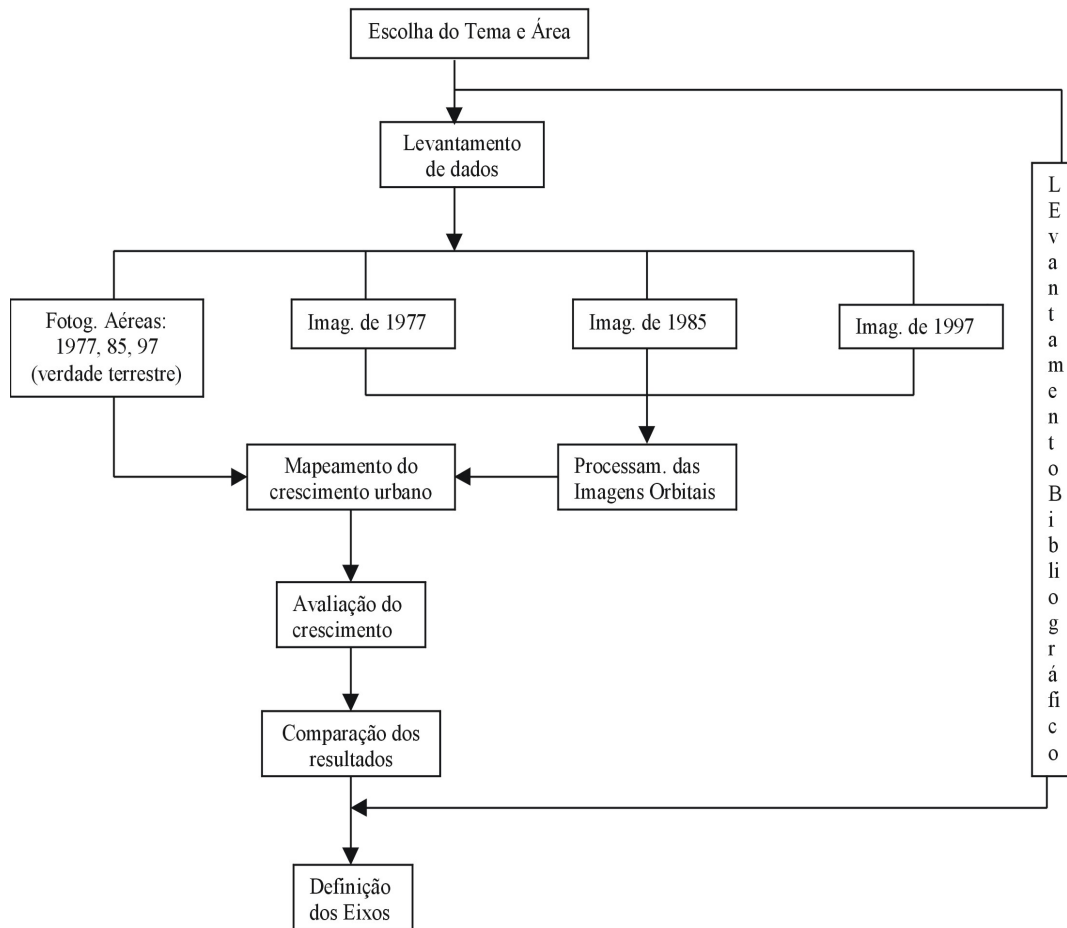


Fig. 1: Localização da área de estudo

A consolidação de São José dos Campos como pólo industrial trouxe também o êxodo rural e o adensamento e expansão da área urbana. Tal situação teve como consequência a ocupação, cada vez maior e muitas vezes inadequada, de terrenos mais problemáticos, como as encostas de maior declividade e fundos de vale sujeitos à inundação, além da deficiência na implantação de infra estrutura necessária, como rede de água e esgoto; portanto, com redução da qualidade de vida da população.

3 Metodologia

A metodologia desta pesquisa foi definida de acordo com os objetivos e pode ser visualizada no fluxograma de atividades da figura 2.



Fluxograma de atividades

3.1 Processamento digital das imagens de satélite

O processamento das imagens de satélite LANDSAT/MSS e TM e HRV/PAN-SPOT, para os anos de 1977, 1985 e 1997, respectivamente, foi realizado através do software desenvolvido pela ERDAS Corporation, o Imagine Production.

Este importante software de processamento de imagens, com algumas funções de SIG acopladas, permite a obtenção de excelentes produtos visuais, que podem ser manipulados facilmente.

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação de interesse para determinados fins, a partir de uma enorme quantidade de dados que usualmente compõe essas imagens. Como afirma Costa (1990), algumas técnicas de processamento digital de imagens orbitais, aplicadas às áreas urbanas, auxiliam no reconhecimento de padrões, permitindo a visualização mais precisa dos limites urbanos, o que facilita, assim, os estudos sobre a expansão urbana.

Assim procedeu-se a correção geométrica das imagens de satélite e a filtragem. A correção geométrica é realizada através do método de registro. De acordo com Crosta, (1992) a fundamentação que esta por trás deste método é "o de estabelecer as diferenças de posicionamento de alguns pontos na imagem e no mapa. A partir dessas diferenças, a natureza da distorção presente na imagem pode ser estimada e uma transformação adequada pode ser computada no sentido de corrigir a imagem". Este processo envolve o relacionamento das coordenadas de pontos de controle na imagem (linha, coluna) com suas coordenadas de mapa (em graus de latitude e longitude ou coordenadas Norte e leste, em metros).

Foram realizados testes para melhoria da qualidade visual das imagens para facilitar a sua posterior interpretação, entre eles foi feito o ajuste do contraste e do brilho. O realce, que torna a imagem mais nítida ou mais perceptível para determinados padrões, foi realizado a partir de testes com os filtros passa baixa 3x3 e 5x5, o qual elimina os pixels de baixa frequência.

3.2 Mapeamento do Crescimento Urbano.

O mapeamento da mancha urbana de São José dos Campos foi realizado inicialmente a partir das fotografias aéreas das três diferentes datas analisadas. Para posteriormente terem seus resultados comparados aos do mapeamento da mancha urbana através das imagens de satélite.

Fotografias aéreas são fontes importantes de informação sobre o espaço urbano e podem fornecer subsídios à análise deste processo. A sua interpretação permite a visualização e identificação dos diferentes elementos que constituem um espaço urbano. Para Branch et al. (1975), as fotografias aéreas podem proporcionar a visualização da realidade de uma cidade em três dimensões, as quais podem revelar tendências e mostrar as transformações e dar suporte aos estudos urbanos e ao planejamento.

As fotografias aéreas para os anos de 1977, 1985 e 1997 que se encontravam respectivamente nas escala 1:8000, 1:25000 e 1:10000 foram interpretadas com, o objetivo de extrair as informações sobre as áreas ocupadas (construídas ou em fase de construção). A área urbana foi transferida para o overlay e em seguida digitalizada no aplicativo SGI.

Foram gerados três mapas das diferentes datas contendo a área urbana da cidade, (Fig 3, 4, 5). Utilizando o software – SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), que é um banco de dados geográfico de 2º geração, que realiza a integração de dados de sensoriamento remoto num SIG. Foi realizada uma análise espacial das áreas urbanas extraídas das fotografias aéreas de 1977, 1985 e 1997 de forma que se pudesse reconhecer o crescimento urbanos nesse período em Km².

ÁREA URBANA DE SJC - 1977



Fonte: Fotografias aérea obtidas em 1977 pelo IBC.

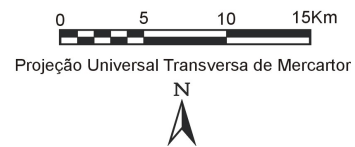


Fig. 3: Área urbana de São José dos Campos - Fotografias aéreas de 1977

ÁREA URBANA DE SJC - 1985



Fonte: Fotografias aéreas de Sjc para 1985

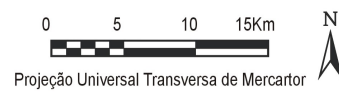


Fig. 4: Área urbana de São José dos Campos - Fotografias aéreas de 1985

ÁREA URBANA DE SJC - FOTOGRAFIA AÉREA - 1997



FONTE: FOTOGRAFIAS AÉREAS DE SJC DE 1997

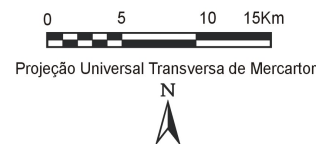


Fig. 5: Área urbana de São José dos Campos - Fotografias aéreas de 1997

4 Resultados e Discussão

4.1. Avaliação do crescimento da mancha urbana através das fotografias aéreas.

Com os resultados da análise do crescimento espacial da cidade entre os anos de 1977 e 1997, realizou-se uma avaliação da expansão da mancha urbana. A tabela 1 apresenta os valores do crescimento urbano durante esse período:

Tabela 1: crescimento da área urbana de São José dos Campos 77 à 97:

ANO	FOTO AÉREA ÁREA URBANA (Km ²)	INCREMENTO NA ÁREA URBANA (Km ²)	TAXA DE CRESCIMENTO DA ÁREA URBANA (%)
1977	23.67074	-----	-----
1985	38.49460	14.8239	62.6
1997	55.57378	17.0791	44.3

Analisando os resultados extraídos das fotografias aéreas pode-se notar que o incremento da área urbana entre os dois períodos foi semelhante, destacando que o primeiro período analisado (77 à 85) é de 8 anos e o segundo (85 à 97) durou 12 anos. A partir disso conclui-se que a cidade de São José dos Campos teve um grande crescimento urbano nas últimas décadas aumentando cerca de 134,8% sua área urbana. Este crescimento foi mais intenso no primeiro período onde a cidade cresceu cerca de 62,6% enquanto que no segundo período, que foi mais longo o crescimento da área urbana da cidade ficou em torno de 44,3%.

Este fato pode ser esclarecido pelo intenso crescimento industrial da cidade até o início da década de 80. Com o extraordinário aumento da mão de obra que se seguiu a fase de industrialização, inúmeros bairros de baixa renda surgiram na periferia do espaço urbano, assim como conjuntos residenciais de classe média/alta. Este crescimento industrial foi um dos grandes causadores do extraordinário crescimento urbano que se observou na cidade no primeiro período analisado.

A partir da década de 80 as sucessivas crises econômicas atravessadas pelo país colocaram um freio no crescimento da indústria nacional resultando numa diminuição do crescimento de cidades como São José dos Campos de economia tipicamente industrial. O que pode ser comprovado com os valores da tabela 1.

4.2 Avaliação do crescimento da mancha urbana através das imagens de satélite

A área urbana foi extraída das imagens de satélite através da técnica de AOI (área de interesse), no software ERDAS-IMAGINE,

que permite a digitalização de polígonos na imagem, em seguida com os dados obtidos calculou-se a área urbana da cidade de São José dos Campos nas imagens de satélite.(Fig 6, 7, 8.).

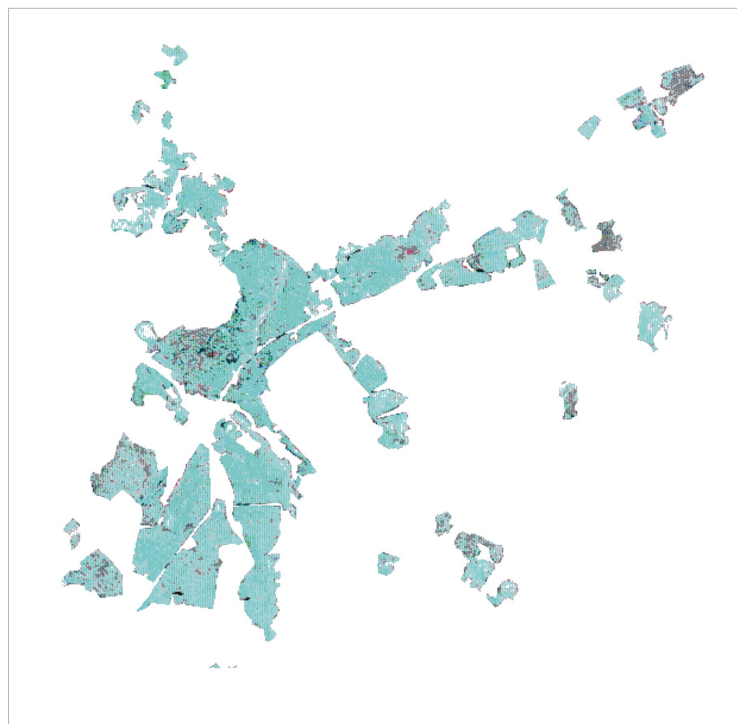
ÁREA URBANA DE SJC - IMAGEM DE SATÉLITE - 1977



Fonte: imagem de satélite LANDSAT/MSS de São José dos Campos de 1977.

Fig. 6: Área urbana de São José dos Campos - Imagem de Satélite 1977

ÁREA URBANA DE SJC - IMAGEM DE SATÉLITE - 1985



Fonte: Imagem de satélite LANDSAT/TM de 1985 de São Jos'dos Campos

Fig. 7: Área urbana de São José dos Campos - Imagem de Satélite 1985

ÁREA URBANA DE SJC - IMAGEM DE SATÉLITE - 1997

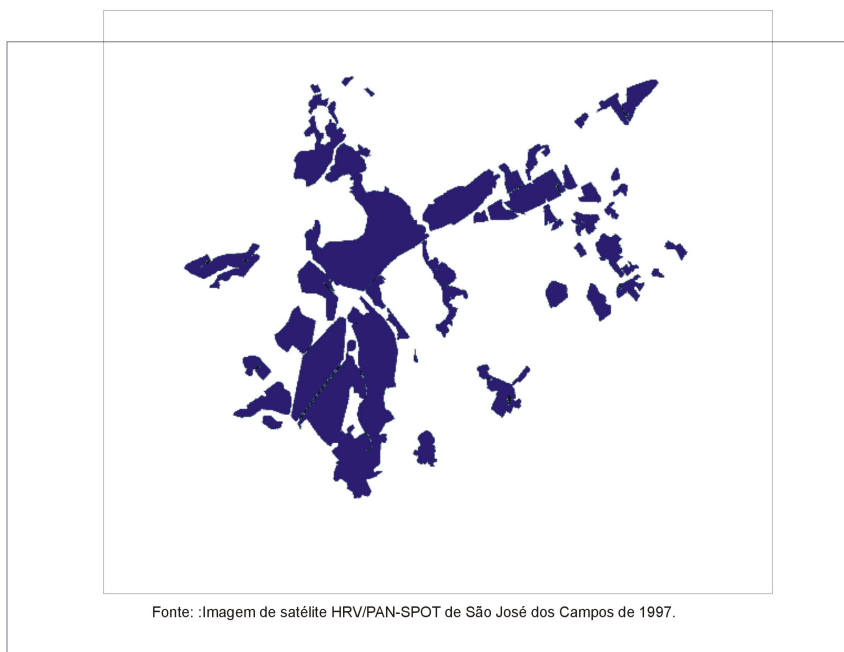


Fig. 8: Área urbana de São José dos Campos - Imagem de satélite 1997

Os resultados da análise do crescimento da mancha urbana da cidade a partir das imagens de satélite estão na tabela a seguir.

Tabela 2: Crescimento da área urbana de São José dos Campos 77 à 97

ANO	IMAGEM DE SATÉLITE ÁREA (km ²)	INCREMENTO NA ÁREA URBANA (Km ²)	TAXA DE CRESCIMENTO DA ÁREA URBANA (%)
1977	26.61269	-----	-----
1985	42.36902	15.756331	59,2
1997	54.90892	12.539904	29,5

4.3 Comparação dos resultados

O resultados das análises do crescimento da área urbana a partir das fotografias aéreas e das imagens de satélite foram comparados, como pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3: Comparação das fontes de análise do crescimento da área urbana de São José dos Campos 77 à 97.

ANO	PRODUTO	ÁREA (Km ²)	DIFERENÇA (%)
1977	Fotografia aérea	23.67074	12,5
	Imagem de satélite	26.61269	
1985	Fotografia aérea	38.49460	10,0
	Imagem de satélite	42.36902	
1997	Fotografia aérea	55.57378	1,2
	Imagem de satélite	54.90892	

Com a comparação dos resultados observa-se que a diferença nos resultados entre as duas fontes de análise não excedeu a 12%, destacando-se o resultado da análise dos produtos de 1997 que tiveram uma diferença praticamente insignificante no que se refere a estudos de extensas áreas urbanas, o que comprova a eficiência da utilização de imagens de satélite no monitoramento do crescimento urbano, mostrando-se como alternativa de menor custo que as fotografias aéreas e no caso da inexistência desta para análises multitemporais.

Os resultados extraídos da imagem de satélite Landsat/MSS de 1977 foi o que apresentou uma menor precisão se comparados a verdade terrestre extraídas da fotografias aéreas, o que pode ser explicado pela limitação na resolução espacial e espectral do sensor MSS, se comparado com os demais sensores.

Devido a complexidade do ambiente urbano, os sensores com maior resolução espacial (TM e HRV e PAN-SPOT) integram menor variedade de informação que o MSS, representando o ambiente urbano com maior fidelidade e facilitando a visualização de um maior número de detalhes.

4.4 Definição dos eixos de crescimento da mancha urbana

Os mapas da área urbana de São José dos Campos tornaram possível visualizar como se deu o processo de expansão da mancha urbana, Numa avaliação visual nota-se que a cidade teve um crescimento fragmentado não apresentando uma uniformidade na ocupação do espaço .Algumas barreiras naturais explicam esse fenômeno, como a área de reserva da várzea do Rio Paraíba do Sul (Banhado) ao norte do município limitando a expansão para este setor, além dos obstáculos artificiais como a Via Dutra que atravessa no sentido leste/ oeste todo o perímetro urbano da cidade, e o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), que ocupa uma extensa área localizada dentro do perímetro urbano.

Como prova disto observa-se que o crescimento urbano durante o primeiro período analisado foi mais intenso em direção à zona Sul. O qual foi incentivado pela lei de zoneamento proposta em 1980, que especificou aquela área como zona residencial unifamiliar.

No período de 1985 e 1997, verifica-se uma diminuição no crescimento da mancha urbana, devido a crise econômica dos anos 80 e por um crescimento urbano vertical maior que horizontal. Os principais eixos de crescimento urbano durante esse período ocorreram 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 das terras motivou o crescimento para aquela direção. A última lei de zoneamento, publicada em 1997, tentou corrigir essas falhas.

5 Referências bibliográficas

- ALEXANDER, R.H.; BOWDEN, W.L.; MARBLE, D.F.; MOORE, E.C.** Remote sensing of urban environment. In International Symposium of Remote Sensing, 5., Ann Arbor, MI, April 16-18. Proceedings. Ann Arbor, MI, Institute of Science and Technology, University of Michigan, 1988. P.889-912.
- COSTA, S.M.F.** Avaliação de técnicas de processamento digital de imagens TM/LANDSAT Aplicadas à delimitação da áreas urbanas. São José dos Campos, 1989. Dissertação (mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-5071-TDL/410).
- COSTA, S.M.F.** Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano integrando As técnicas de Sig e sensoriamento remoto – aplicação à área urbana de Belo Horizonte. Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 200p.1996
- COSTA, S.M.F.; MANTOVANI, A.C.C.M.;NOVAES, R.J.** Estudo da compatibilidade Entre crescimento urbano e aptidão física utilizando geotecnologias – Um estudo de Caso.2000
- FORSTER, B.C.** An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. International Journal of Remote Sensing, 6(1): pp.139-151, 1985.
- GALVÃO, M.V.; FAISSOL, S.; LIMA, O. M. B.; ALMEIDA, E.M.J.M.** Áreas de pesquisa para determinação de áreas metropolitanas. Revista Brasileira de Geografia, v.31, n.4, p. 53-127, out/dez,1969.
- MÜLLER, N. L.O** fato urbano na Bacia do Rio Paraíba São Paulo. Rio de Janeiro: IBGE, 1969.
- RICHARDS, J.A.** Remote Sensing digital image analysis an introduction. USA, Springer-Verlag,1986.
- RONCA, J.L.C.** Metropolização e desenvolvimento no Brasil. In: Bruna, G.C. (org) Questões de organização do espaço regional. São Paulo, Nobel, 1983.
- SERAFIM, C.R.** Monitoramento do crescimento urbano em áreas de risco a erosão na bacia hidrográfica do córrego Pararangaba no município de São José dos Campos-SP. Dissertação (mestrado) Universidade do Vale do Paraíba. 1998.
- SERRA, G. O.** espaço natural e a forma urbana. São Paulo, Nobel, 1987
- ZAHN C. E.** O processo de urbanização: características e evolução. In: Bruna, G. (org). Questões de organização do espaço regional. São Paulo: Nobel, 1983.