



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-8985-PRE/4663/A

**AVALIAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO DE
ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL PARA ESTIMATIVA DE
POPULAÇÃO URBANA**

Iris de Marcelhas e Souza¹
Madalena Niero Pereira¹
Maria de Lourdes Neves Oliveira Kurkdjian²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

²Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP)

Aceito para apresentação no 3º Simpósio de Sensoriamento Remoto de Áreas Urbanas,
Istambul, 11-13 de junho, 2002 – Turquia .



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

AVALIAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL PARA ESTIMATIVA DE POPULAÇÃO URBANA

Iris de Marcelhas e Souza ¹

Madalena Niero Pereira¹

Maria de Lourdes N. O. Kurkdjian ²

¹ INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Caixa Postal 515 – 12201-097 – São José dos Campos – SP, Brasil

² UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba

Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova CEP-12244-000

São José dos Campos - SP

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a potencialidade dos produtos de sensoriamento remoto de alta resolução espacial para estimativa de população urbana em períodos intercensitários. Foram utilizadas imagens do Satélite IKONOS-2 com um metro de resolução espacial, da cidade de São José dos Campos. Os procedimentos utilizados buscaram identificar dentro do tecido urbano, áreas que possuíssem características de ocupação residencial semelhantes, conhecidas como zonas homogêneas. Delimitou-se dentro destas zonas, cinco setores censitários oficiais. A análise foi feita a partir da integração dos dados dentro do SPRING (GIS). Foi identificado o número de unidades residenciais por setor nas imagens IKONOS. A estimativa da população foi obtida a partir da multiplicação do número de unidades residenciais

identificadas nas imagens pelo número médio de residentes do setor censitário , gerado a partir de dados oficiais (IBGE). A estimativa mostrou resultados satisfatórios quando comparados com os dados do censo realizado em 2000, o que motivou o aprofundamento deste trabalho para um número maior de setores censitários da cidade de São José dos Campos.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the applicability of high spatial resolution remote sensing data for the estimation of urban population in the inter census periods in the Brazilian city of São José dos Campos. Digital IKONOS-2 data were used. Data analysis was conducted using SPRING (GIS). The procedure attempted to identify intra-urban network areas with similar residential occupation features, known as homogeneous zones. Within some chosen zones, official census sectors were defined. The number of housing units per sector was identified in the digital IKONOS images. The population was estimated by multiplying the number of dwellings by the average per household occupancy figures obtained from census tract data. Estimates showed satisfactory results when compared to the census data, which motivated deeper analysis for the entire area of the city of São José dos Campos.

1 - INTRODUÇÃO

De acordo com o censo demográfico de 2000 a população brasileira é de 169.799.170 habitantes, sendo 137.953.959 urbana. A figura 1 indica o crescimento da população urbana brasileira devido, principalmente à alta taxa de natalidade. Atualmente, mais de 81% da população está concentrada em áreas urbanas, tendência iniciada já na década de 70, quando a população urbana se tornou maior que a rural. Esse fato é explicado pelo alto crescimento vegetativo da população e pelo grande processo de migração da área rural para o ambiente urbano.

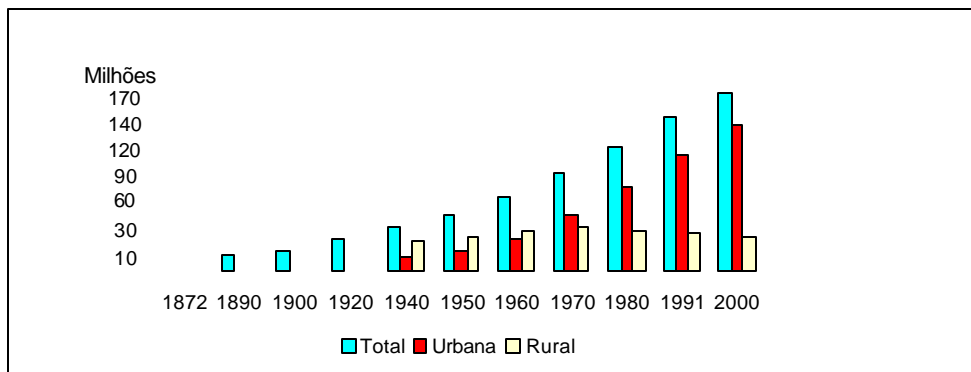


Figura 1- Crescimento Demográfico Brasileiro

Esse rápido crescimento da população urbana constitui um dos maiores problemas para o planejamento e controle do crescimento urbano.

Os censos demográficos são realizados a cada dez anos devido à grande quantidade de recursos humanos, materiais e financeiros envolvidos nos levantamentos e análises dos dados.

Os dados obtidos através desses censos, embora de importância fundamental para decisões em nível nacional, são insuficientes para sustentar o processo de Planejamento Urbano, devido à defasagem existente entre a obtenção e a publicação dessa informação pelos órgãos oficiais. Outro aspecto diz respeito à dinâmica das cidades brasileiras contemporâneas que exigem levantamentos mais frequentes, confiáveis e de baixo custo da população urbana existente, para com isso atender à demanda real dessa população por serviços da rede hospitalar, escolar e de recreação. Esses problemas já foram levantados por Kraus et al. (1974). Além disso, para a realização dos censos as cidades são setorizadas segundo critérios que objetivam a racionalização da coleta de dados e não têm preocupação maior com a análise dos dados. Desta forma, surge a necessidade de levantamentos intercensitários obtidos de forma mais flexível, rápida, com dados que reflitam a diferenciação interna das cidades.

Os dados de sensoriamento remoto têm sido apontados como uma alternativa adequada para o fornecimento dessas informações. Diversos trabalhos foram realizados utilizando-se fotografias aéreas buscando desenvolver metodologias de obtenção de

dados demográficos (Green ,1956; Dureau, 1992; Kraus et al. 1974; Hsu, 1971; Ikhuoria 1996; Adeniyi, 1983).No Brasil, Manso et al. (1978) desenvolveram estudos que exploram a relação existente entre a morfologia urbana e as características demográficas e socioeconômicas da população residente. O pressuposto é que existe relação entre a morfologia urbana expressa através da textura da imagem e a dimensão da família e de seus agregados. A utilização de fotografias aéreas, para este fim, entretanto, envolve alto custo para países de grande extensão territorial e em desenvolvimento, onde existe pouco recurso econômico disponível para estudos urbanos. Nesse sentido, o sensoriamento orbital tem sido apontado como uma alternativa adequada para proporcionar informações sobre dados de população urbana. Murai (1974), Chen (2000) e Lo (1995) desenvolveram trabalhos com resultados satisfatórios considerando a limitação da resolução espacial das plataformas utilizadas (LANDSAT e SPOT). Foresti (1978) desenvolveu estudo para a verificação da correlação entre a área urbana obtida a partir do uso de dados MSS- Landsat e a população, em 105 cidades brasileiras. Para as cidades de pequeno porte com baixa ocupação vertical foi obtida uma alta correlação entre população e área o mesmo não ocorrendo para cidades maiores com alta porcentagem de ocupação vertical.

Com os avanços tecnológicos na área espacial, houve melhora na resolução espacial e temporal dos dados. A disponibilidade de produtos de alta resolução espacial ou seja, 0,6m e 1m, obtidos pelos satélites QuickBird e Ikonos respectivamente, deve revolucionar os estudos urbanos através de sensoriamento remoto. Dessa forma, amplia-se o número de aplicações dos dados de sensoriamento remoto para estudos relativos ao sistema urbano, eleva-se a precisão das informações obtidas a partir deles e melhora-se a relação custo-benefício dos produtos.

O presente trabalho teve como objetivo, a estimativa de população urbana a partir da utilização de imagens Ikonos no modo pancromático e colorido para suprir a deficiência de dados relativos à população urbana em períodos intercensitários.

Para a realização deste trabalho, foi utilizada como área teste a cidade de São José dos Campos-SP, localizada nas coordenadas 23° 18' 24" de latitude Sul e 46° 00'

17" de longitude Oeste e situada entre as duas principais cidades do País, São Paulo e Rio de Janeiro.

2 – MATERIAIS

Foram utilizadas para este trabalho, imagens digitais Ikonos no modo pancromático (0,45 – 0,90 μ) e produto colorido obtido através da fusão de imagens Ikonos multiespectrais e pancromática, adquiridas em 10/09/2000 e 13/10/2000, respectivamente. No processo de criação de chaves de interpretação e avaliação dos dados, foram utilizadas ortofotos digitais, obtidas no ano de 2000, na escala de 1:30.000, e com resolução espacial de 0,6m. Na determinação das áreas amostrais foram utilizados setores censitários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), e dados demográficos associados a esses setores para o ano de 2000. Os dados foram integrados dentro do SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), ambiente utilizado para modelagem dos dados, instalado numa plataforma PC – 300 MHz, 128 Ram, 12 Gb.

3 – METODOLOGIA

Inicialmente foi feita a correção geométrica das imagens Ikonos, utilizando como base cartográfica as ortofotos digitais, obtidas em 2000.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados como amostras cinco setores censitários, correspondentes a zonas residências de ocupação horizontal com diferentes características sócioeconômicas, definidas no trabalho de Adalton (1979).

A figura 1 exemplifica dois setores analisados, que apresentam diferentes características de organização espacial e socioeconômicas.



5



Setor 122 (Bairro Jardim Apolo)

Setor 38 (Bairro Jardim da Granja)

Figura 1- Imagem IKONOS mostrando dois setores censitários

Foi realizado trabalho de campo, nas áreas amostrais, para levantamento de chaves de interpretação a serem utilizadas na interpretação das imagens. Como apoio de campo, foram utilizadas as ortofotos, nas quais observou-se o tamanho do lote, metragem da área construída, tipos de telhados, presença de várias unidades residenciais no mesmo lote (edículas), casas geminadas etc.

Como próximo passo, foi levantado o número de unidades residenciais por setor, nos diferentes produtos analisados. O número médio de habitantes por residência de cada setor, foi obtido através da divisão do número total de população pelo total de unidades residenciais do setor, definidos pelo IBGE.

A estimativa da população de cada setor foi obtida a partir da multiplicação do número de residências levantadas pelo número médio de habitantes por residência, conforme a equação:

$$P = N \cdot M$$

onde: P = população do setor

N = número total de residências do setor

M = número médio de moradores por residência do setor

Em seguida, foi calculada a precisão das informações obtidas nos diferentes produtos, a partir da comparação com os dados oficiais do IBGE.

4 – RESULTADOS

Os resultados obtidos para os cinco setores urbanos analisados, utilizando-se os diferentes produtos de Sensoriamento Remoto, são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa da População dos Diferentes Setores Amostrais

Setores amostrais	Setor 122 (Jd. Apolo)		Setor 315 (Jd. Motorama)		Setor 62 (Jd. N. Michigan)		Setor 38 (Vila Maria)		Setor 269 (Jd. Granja)	
	IP	IC	IP	IC	IP	IC	IP	IC	IP	IC
Produto	IP	IC	IP	IC	IP	IC	IP	IC	IP	IC
Pop. estimada	609	605	608	605	639	636	609	612	954	928
Pop. IBGE	588		608		628		576		872	
Erro (%)	4 (+)	3 (+)	0	0	2 (+)	1 (+)	6 (+)	6 (+)	9 (+)	6 (+)

IP= Imagem Ikonos Pancromática

IC = Imagem Ikonos Colorida

Pela análise da Tabela verifica-se que as porcentagens de erros foram relativamente baixas, com exceção das obtidas nos setores 269 e 38.

O Setor 269 ocupado por uma população de baixa renda é basicamente constituído de uma residência principal e de uma edícula num mesmo terreno. Essas edículas são, em sua maioria, ocupadas por uma família, conforme observado em trabalho de campo realizado no levantamento de chaves de interpretação. A presença dessas edículas está associada às características sócioeconômicas da população do bairro, pois essas são alugadas para aumento da renda do proprietário ou ocupadas por membros da família, normalmente filhos que se casam.

Esse aspecto pode ter provocado à superestimava das edificações, pois todas as edículas foram consideradas como unidades residenciais, em função da ausência de elementos nas imagens que caracterizassem outras finalidades para essas edificações.

Segundo o IBGE, neste bairro, ocorre um grande número de residências desocupadas, fato este, que também levou à superestimava da população.

Os erros associados ao Setor 38, bairro antigo e localizado na região central da cidade, podem ser explicados pelo fato desse bairro apresentar terrenos de tamanho irregular explicado pelo seu crescimento espontâneo sem o estabelecimento inicial de arruamento.

Portanto, a contagem de edificações nos produtos, para este setor, foi prejudicada pela dificuldade de se definir com certa precisão se as residências no interior do quarteirão poderiam ser consideradas independentes ou extensão das residências voltadas para a rua. Esta dificuldade associa-se também à não-identificação dos acessos às residências (no interior do quarteirão) nos produtos analisados.

Pela análise da Tabela, verifica-se que houve uma superestimava da população nos produtos analisados.

Os erros obtidos foram de 4% para a imagem Ikonos pancromática e 3% para a imagem Ikonos colorida. O melhor resultado apresentado pela imagem colorida pode ser associado ao fato de esta conter resolução espacial da imagem PAN e espectral da multiespectral.

Vários fatores influenciaram a identificação das unidades residenciais nas imagens analisadas, principalmente a variação na forma, estrutura e materiais usados nos telhados, tamanho e forma das residências num mesmo setor.

Entretanto, para maior confiabilidade dos resultados obtidos surge a necessidade do aumento de setores amostrais, em função da grande heterogeneidade espacial interna das cidades brasileiras, explicada pela falta de planejamento e fiscalização do uso do solo urbano por parte dos órgãos governamentais.

5 -CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram a viabilidade do uso de imagens orbitais de alta resolução espacial, na estimativa de dados populacionais em períodos intercensitários bem como o uso desses dados como ferramenta auxiliar na realização dos censos demográficos. Estas imagens poderão também orientar o levantamento de campo nos períodos censitários, aumentando assim a precisão dos dados obtidos.

Considerando-se os resultados obtidos e os recursos financeiros investidos no trabalho, conclui-se que a relação custo-benefício do uso das imagens de alta resolução para a estimativa de população urbana é satisfatória, comparando-se com os dados obtidos em campo ou com fotografias aéreas. Entretanto, estudos mais aprofundados devem ser realizados para se comprovar esta afirmativa.

6- BIBLIOGRAFIA

Adeniyi. P. An aerial Photographic Method for Estimating Urban population. *Photogrammetric Engineering and Remote sensing*, v. 49, n.4, p.545-560, Apr. 1983.

Chen, K. An approach to linking remotely sensed data and areal census data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n.1, p. 37-48, Jan. 2002.

Dureau, F; Barbary, O; Lortc, M.B. *Sondages Areolaires sur image satellite pour des enquetes socio-demographiques en milieu urbain*. Bordeaux: Orstom,1989 .

Dureau, F. *El metodo de muestreo de areas com base en imagenes de satelite: una solución para la observación de las poblaciones urbanas*. Bogotá: CEDE – ORSTOM, Dec. 1992 (CEDE/086).

Foresti, C. *Estimativas populacionais e crescimento de áreas urbanas no Estado de São Paulo, com utilização de imagens Landsat*. São José dos Campos, INPE, 1978 (INPE 1298-TPT/095).

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) *Censo Demográfico 2000 – Resultados do Universo* [on line]. <<http://www.ibge.gov.br>> 4 de fevereiro de 2002.

Hsu, S. Y. Population estimation. *Photogrammetric Engineering*, v.37, n.5, p. 449-454, May, 1971.

Kraus, P. S.; Senger, L. Estimation Population Photographically Determined Residential Land Use Types. *Remote Sensing of Environment*, v.3,n.1, p. 35-42, 1974.

Kurkdjian, M.L.N.O. *Um método para identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de Sensoriamento Remoto com vistas ao planejamento urbano*. São Paulo, 158 p., Tese (Doutorado) – USP.FAU, 1986 (INPE 6358-TAE/026).

Lindgren, D.T. Dwelling estimation with color-IR photos. *Photogrammetric Engineering*, v.37, n.4, p. 373-373, apr., 1971.

Lo, C. P. Automated population and dwelling unit estimation from high-resolution satellite images: a GIS approach *International Journal of Remote Sensing*, v.16, n.1, p. 17-34, Jan. 1995.

Manso, A. P.; Barros, M. S.S.; Oliveira, M. L. N. Determinação da população urbana através de Sensoriamento Remoto In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,1., São José dos Campos, 27- 29 nov. 1978. *Anais*. São José dos Campos:INPE, 1978, v.1, p.399-409.

Manso, A. P.; Barros, M. S.S.; Oliveira, M. L. N. *Determinação de Zonas homogêneas através de Sensoriamento remoto*. São José dos campos, INPE, 1978 (INPE 1470-RPE/021).

Murai – S. – Estimate of Population density in Tokio District From ERST-1 data. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment. 9., Ann Arbor, MI, 15-19 april 1974.*Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1974, v.1, p. 13-22.

Metadata.txt- *Arquivo de informação digital do produto Ikonos Pancromático* Space Imaging. Thornton, Colorado, USA – november, 10, 2000 – Cdrom . 11524 caracteres.
Word

Oliveira, M. L. N., Manso, A. P., Barros, M. S.S. *Setorização urbana através de Sensoriamento Remoto*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1., São José dos Campos, 27-29 nov. 1978. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1978, v.1, p.436-451. Publicação INPE 7707- PRE/3554).

Trabalho publicado nos Anais do Third International Symposium on Remote Sensing of Urban Areas , Ystanbul , Turkey, 11-13 june 2002.