

# ESTIMATIVA DE UNIDADES RESIDENCIAIS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL PARA CÁLCULO DE POPULAÇÃO URBANA

Iris de Marcelhas e Souza<sup>1</sup>  
Madalena Niero Pereira<sup>1</sup>  
Maria de Lourdes N. O. Kurkdjian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 – 12201-097 – São José dos Campos – SP, Brasil

<sup>2</sup> UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba  
Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova CEP-12244-000  
São José dos Campos – SP

**Keywords.** sensoriamento remoto, intra-urbano, estimativa populacional

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a potencialidade de produtos de sensoriamento remoto de alta resolução espacial para a identificação de unidades residenciais, visando a estimativa de população urbana em períodos intercensitários. Foram utilizadas imagens do satélite Ikonos (pancromática e colorida), com um metro de resolução espacial, da cidade de São José dos Campos. A análise das imagens foi feita a partir da utilização do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING (GIS). Foram utilizados, como amostras, cinco setores censitários oficiais, com características sócioeconômicas distintas. Através da interpretação visual, foi levantado 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 das unidades residenciais mostrou resultados satisfatórios, quando comparada com os dados do censo demográfico do ano 2000.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the applicability of high spatial resolution remote sensing data to identify dwelling units for the estimation of urban population in the inter census periods in the Brazilian city of São José dos Campos. Digital Ikonos panchromatic and multispectral data were used. Data analysis was conducted using SPRING (GIS). It was used as samples five official census sectors. 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 of the dwelling units showed satisfactory results when compared to the census data.

## 1 – INTRODUÇÃO

A população brasileira é de 169.799.170 habitantes, sendo 137.953.959 urbana, conforme o censo demográfico do ano de 2000. Verifica-se, portanto, que mais de 81% da população brasileira está concentrada em áreas urbanas, tendência iniciada já na década de 70, quando a população urbana se tornou maior que a rural, com elevada taxa de aumento. Esse fato é explicado pelo alto crescimento vegetativo da população e pelo grande processo de migração da área rural para o ambiente urbano.

O grande aumento da população urbana constitui um dos maiores problemas para o planejamento e controle do crescimento das cidades.

Os censos demográficos, que constituem importante fonte de informação sobre a situação da população urbana, são realizados a cada dez anos, devido à grande quantidade de recursos humanos, materiais e financeiros envolvidos nos levantamentos e análises dos dados.

Além disso, 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). 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 obtidos a partir de levantamentos aerofotogramétricos surgiram como uma alternativa adequada para o fornecimento dessas informações. Neste caso, as fotografias aéreas são utilizadas para a identificação de unidades residenciais contidas no espaço urbano, que servirão de base para a inferência da população da área em estudo.

Lindgren (1971) realizou estudo para estimativa de unidades residenciais a partir da utilização de fotografias aéreas infravermelhas, na escala 1:20.000, e concluiu que uma estimativa acurada das unidades residenciais pode ser feita a partir de escalas menores que as anteriormente utilizadas. Cita que a partir da estimativa das unidades residenciais pode-se obter um número adicional de estimativas como população total de uma área e densidade de população.

Diversos trabalhos foram realizados utilizando-se fotografias aéreas para o levantamento de unidades residenciais, visando a obtenção de dados demográficos Green (1956); Dureau (1992); Kraus et al (1974); Hsu (1971); Ikhuoria (1996); Adeniy (1983). No Brasil, Manso et al. (1979) desenvolveram estudos que exploram a relação existente entre a morfologia urbana e as características demográficas e sócio-econômicas 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 imagens 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 explorar o conteúdo informativo das imagens Ikonos no modo pancromático e colorido, na busca da identificação de unidades residenciais para estimativa de população urbana.

Neste caso, é avaliado o uso dessas imagens no processo de levantamento de unidades residenciais de uma área, que servirão de base para a inferência da população em períodos intercensitários.

Para a realização deste trabalho, foi utilizada como área teste a cidade de São José dos Campos - SP, localizada a 23° 18' 24" de latitude Sul e 46° 00' 17" de longitude Oeste, 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  $\mu$ ) 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 – 300MHz , 128 Ram, 12 Gb.

### 3 – METODOLOGIA

Na realização do trabalho, inicialmente foi feita a correção geométrica das imagens Ikonos, utilizando como base cartográfica fotografias aéreas digitais, obtidas em 2000 pela empresa Base Aerofotogrametria S/A, ortoretificadas.

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

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 a partir da interpretação das imagens digitais na tela do computador. Para cada setor analisado, foi feita a contagem das unidades residenciais utilizando-se como critério:

- diferentes tons de cinza, no caso da imagem pancromática, ou de cores para a imagem colorida, associados aos telhados das edificações existentes;
- idade dos telhados ;
- tamanho das edificações em geral e das residências;
- forma das edificações;
- localização das edificações;
- presença de jardins (áreas verdes);
- presença de muros dividindo área frontal da edificação, evidenciando a ocorrência de casas geminadas;
- presença de acessos laterais à edificação, indicando a existência de edificações de fundo;
- diferentes tons de cinza ou de cores, associados a variação de coberturas de garagens localizadas na parte frontal das edificações, o que indica a existência de casas geminadas;
- presença de sombra para a identificação do número de pisos ou andares das edificações.

As quatro últimas chaves de interpretação enumeradas foram utilizadas para a identificação da presença de mais de uma unidade residencial associada a uma única edificação ou à existência de duas ou mais unidades em um mesmo terreno. Estas chaves foram elaboradas após a realização de trabalho de campo para o reconhecimento da área.

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. O número médio de habitantes por residência, de cada setor, foi obtido através da divisão do número total de população pelo total de unidades domiciliadas do setor, definidos pelo IBGE.

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

#### 4 – RESULTADOS

A metodologia seguida e os materiais utilizados permitiram a obtenção dos seguintes resultados.

Nos diferentes setores analisados, as unidades residenciais foram identificadas a partir da resposta espectral dos diferentes materiais, associados aos telhados das edificações. Tem-se, para esses setores, predominantemente telhados associados ao tom de cinza-escuro e cinza-claro nas imagens pancromáticas que se relacionam à cobertura realizada com telhas de amianto e cerâmica, respectivamente. No caso da imagem colorida, os telhados assumiram as cores vermelho-escuro (telhas de cerâmica) e cinza-escuro (telhas de amianto).

As unidades residenciais identificadas nos diferentes produtos de Sensoriamento Remoto, nos cinco setores urbanos analisados, são mostrados na Tabela 1.

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
<b>Unidades Residenciais</b>	179	178	190	189	188	187	203	204	329	320
<b>IBGE</b>	172		188		182		194		296	
<b>Erro (%)</b>	4	3	1	1	3	3	5	5	11	8
	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

IP= Imagem Ikonos Pancromática

IC = Imagem Ikonos Colorida

*Tabela 1 –Número de Unidades Residenciais por Setor Analisado*

Pela análise da Tabela 1, verifica-se que houve uma superestimava das unidades residenciais nos diferentes produtos analisados. Verifica-se também que a imagem colorida foi a que apresentou melhores resultados, com exceção dos resultados do Setor 38.

Com relação à imagem Ikonos colorida, as porcentagens de erro foram relativamente baixas, com exceção das obtidas nos Setores 269 e 38. No Setor 269 (bairro Jardim da Granja), as unidades residenciais foram identificadas a partir da resposta espectral dos diferentes materiais associados aos telhados. Neste setor tem-se, principalmente, a presença de cobertura com telhas de cerâmica e amianto. Ocorre neste Setor a presença de diferentes telhados, com variação de tamanho e cor, num mesmo terreno padrão do loteamento (Figura 1), o que indica a presença de duas unidades residenciais num mesmo terreno. Houve dificuldade de identificação do acesso lateral às unidades residenciais de fundo, na maior parte dos casos, o que diminui a precisão do levantamento.



*Figura 1 - Identificação da edificação na imagem Ikonos colorida (visão vertical) e no campo (visão horizontal)*

Neste setor, as unidades residenciais foram também identificadas, levando-se em consideração as diferentes tonalidades de cinza ou cores associadas às garagens cobertas existentes na parte frontal das edificações. Quando na parte da frente da residência ocorriam duas tonalidades de cinza ou duas cores (vermelho e cinza-escuro), essa edificação foi considerada como duas unidades residenciais.

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 sócio-econômicas 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 a superestimava das edificações, pois todas as edículas foram consideradas como unidades residenciais, em função da ausência de elementos nas imagens que caracterizassem a finalidade dessas edificações.

Os erros de identificação de unidades residenciais associados ao Setor 38 (Vila Maria), 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.

Neste setor ocorre grande variação no tamanho e forma dos telhados. Tem também grande variação na cor dos telhados na imagem associada aos materiais utilizados. Como trata-se de um bairro antigo na formação da cidade, existem telhados de cimento (laje) que apresentam alta reflectância nas imagens analisadas, assumindo tonalidade branca.

Como não ocorre um tamanho padrão dos terrenos, neste setor, existem telhados no interior do quarteirão que, por suas dimensões, evidenciam a presença de uma unidade residencial, mas não se pode identificar nas imagens o seu acesso à rua. Em função de no campo ter sido verificado que essas áreas eram ocupadas por moradores, elas foram consideradas como uma unidade residencial.

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.

O Setor 122 (Jardim Apolo), bairro de classe alta, apresentou erros bastante inferiores aos dos Setores 269 e 38.

Neste setor, os telhados são de grande dimensão e apresentam tonalidades que o diferenciam das áreas desocupadas. A menor dificuldade associada à identificação das unidades residenciais deve-se ao fato de existir espaçamento entre as residências ocupadas por áreas verdes.

No caso deste setor, a superestimava das unidades residenciais associa-se ao fato de algumas unidades residenciais apresentarem telhados recortados e abrangerem mais de um terreno.

Os menores erros encontram-se associados aos Setores 62 (Jardim Nova Michigan) e 315 (Jardim Motorama).

Estes bairros correspondem a bairros relativamente novos na evolução da cidade, onde os materiais associados aos telhados apresentam resposta espectral que os diferencia das áreas comerciais encontradas no bairro. As áreas comerciais e industriais do bairro geralmente são constituídas de grandes galpões com telhados que apresentam alta reflectância nos produtos analisados. Apesar do setor apresentar dominância de casas geminadas, a diferença de materiais utilizados na cobertura das garagens de cada residência permitiu a separação das unidades residenciais, conforme pode ser visto na Figura 2.

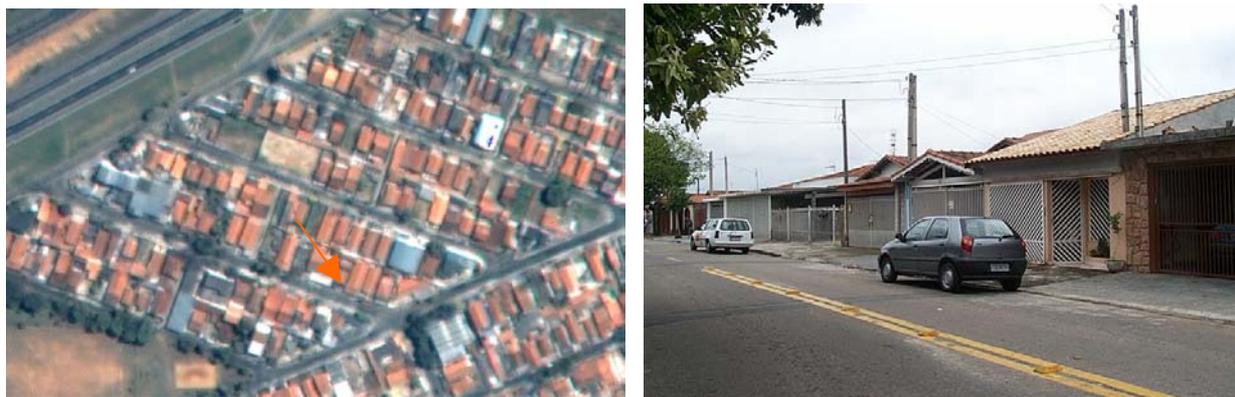


Figura 2 - Identificação da edificação na imagem Ikonos colorida (visão vertical) e no campo (visão horizontal)

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

A partir das unidades residenciais levantadas, foi feita a estimativa da população de cada um dos setores analisados e os resultados foram comparados com os dados oficiais do IBGE, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Setores	Setor 122		Setor 315		Setor 62		Setor 38		Setor 269	
Produto	IP	IC								
Pop. Estimada	609	605	608	605	639	636	609	612	954	928
IBGE	<b>588</b>		<b>608</b>		<b>628</b>		<b>576</b>		<b>872</b>	
Erro (%)	4	3	0	0	2	1	6	6	9	6
	(+)	(+)			(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

IP= Imagem Ikonos Pancromática

IC = Imagem Ikonos Colorida

Tabela 2 – Estimativa da População dos Diferentes Setores Amostrais

Pela análise da Tabela 2 verifica-se que houve uma superestimativa da população nos produtos analisados. Os erros médios obtidos foram de 4% e 3% para as imagens pancromática e colorida respectivamente.

O melhor resultado apresentado pela imagem colorida pode ser associado de este conter resolução espacial da imagem PAN e espectral da multiespectral.

Outro fator relevante dos resultados, está relacionado aos dados de referência do IBGE. Para este fim, utilizaram-se as unidades residenciais domiciliadas. Esses dados são contabilizados no censo, excluindo-se as unidades comerciais do setor amostral. Se fosse considerado o número total de domicílios e não-domicílios do IBGE, o erro médio encontrado seria menor, diminuindo-se a superestimativa dos dados. Entretanto, nesse caso, devem ser consideradas as particularidades da zona que o setor estará incluído dentro da trama urbana. Por exemplo, o Setor 315 (Jardim Motorama) que apresenta muitos galpões comerciais ao lado de residências, fato este, visível nos produtos orbitais analisados.

Entretanto, para maior confiabilidade dos resultados, 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 unidades residenciais as quais poderão ser utilizadas para inferência de população em períodos intercensitários, bem como o uso desses dados como ferramenta auxiliar na realização dos censos demográficos. Estas imagens poderão também orientar o recenseador nos períodos censitários, aumentando, assim, a precisão dos dados de campo levantados.

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 unidades residenciais com vistas na inferência 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 de 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. 1981. **Anais**. São José dos Campos:INPE, 1981, v.1, p.339-409.

Manso, A. P.; Barros, M. S.S.; Oliveira, M. L. N. **Determinação de Zonas homogêneas através de Sensoriamento remoto**. São José dos campos, INPE, 1979 ( INPE1470-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**. São José dos Campos, INPE, 1978 ( INPE 8421- PRE/421).