

CONSTRUÇÃO DE BANCOS DE DADOS ESPACIAIS COM IMAGENS DE SATÉLITE

Renzo Joel Flores Ortiz e Ilka Afonso Reis

Laboratório de Estatística Espacial (LESTE)
Departamento de Estatística
Universidade Federal de Minas Gerais

O uso de dados espaciais é cada vez mais crescente em diversas áreas do conhecimento. Em especial, o uso de imagens de satélite no auxílio do entendimento de dados espacialmente referenciados tem se mostrado de grande importância em vários estudos como, por exemplo, os de Saúde Pública (Werneck et al., 2007), Ecologia (Bitencourt et al., 1997) e Planejamento Urbano (Reis, 2005). O crescente desenvolvimento tecnológico e científico do Sensoriamento Remoto Orbital torna cada vez mais fácil o acesso às imagens de satélite e aos *softwares* que as manipulam.

No entanto, na construção de um banco de dados que associe dados espaciais a imagens de satélite, é necessário compatibilizar tipos de dados espaciais diferentes e adquiridos em fontes diversas. Isto não é tarefa trivial, principalmente entre os profissionais não familiarizados com o tratamento de dados de Sensoriamento Remoto Orbital.

Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de orientar a construção de um banco de dados que possibilite associar dados espaciais a imagens de satélite. Como exemplo, adotaremos a construção de um banco de dados para estimação de populações humanas via imagens de satélite (Ortiz e Reis, 2010). Esse banco de dados pode ser utilizado em estudos como os de Harvey (2002a e 2002b), Reis (2005) e Lu et al (2009). No caso da estimação de populações via imagens de satélite, o banco de dados é construído a partir de dados de contagem populacional nas unidades de análise escolhidos (ex., setores censitários) e das imagens do sensor escolhido.

Este trabalho está organizado em cinco seções, que são resumidas a seguir. A primeira seção refere-se à importação das imagens em nível digital para o sistema de informações geográficas SPRING (Câmara et al, 1996) e ao posterior processamento dessas imagens. A segunda seção aborda o georreferenciamento dessas imagens utilizando-se um mapa cadastral. Na terceira seção, é descrita a espacialização dos atributos das unidades cadastrais, como, no caso do exemplo, a população dos setores censitários. Os dados espacializados, juntamente com as imagens, são exportados em formato matricial. A quarta seção aborda o cálculo de estatísticas zonais a partir das imagens. Finalmente, a quinta seção discorre sobre a montagem final dos bancos de dados no ambiente de programação R (R Development Core Team, 2009). Os resultados são dois bancos de dados contendo variáveis que podem ser utilizadas no ajuste de modelos de regressão ao nível dos pixels e ao nível dos setores censitários. No caso de estimação de populações,

esses dados são utilizados para ajustar um modelo de regressão cujas variáveis explicativas são as imagens nas várias bandas de um sensor orbital.

Para o acompanhamento do texto, assumimos que o leitor tenha alguma familiaridade com o sistema SPRING e seus modelos de dados.

1 - Importando os dados para o ambiente SPRING

Nesta etapa, um banco de dados SPRING é criado para que comporte as imagens e os dados censitários a serem utilizados. As imagens são importadas para o modelo "Imagem" e os dados censitários são importados usando-se o modelo "Cadastral".

Imagens dos sensores a bordo dos satélites LANDSAT e CBERS podem ser obtidas gratuitamente do Catálogo de Imagens do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais - INPE: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. No caso de dados censitários, as malhas digitais dos municípios brasileiros, assim como as contagens populacionais para alguns censos, podem ser obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE: ftp://geofpt.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/.

Sensores captam radiância, uma medida da energia que é refletida pelos alvos e chega até os sensores. No entanto, alguns estudos exigem que as imagens de radiância sejam transformadas para reflectância de superfície, a proporção de energia refletida por um alvo, corrigidos os efeitos atmosféricos. Esse é o caso dos estudos para estimação de populações e também daqueles que necessitam do cálculo de índices de vegetação. Uma alternativa para obtenção das imagens de reflectância de superfície é usar o modelo 6S (Vermote et al., 1997).

Outros processamentos das imagens podem ser feitos nesta etapa, como, por exemplo, a classificação em temas de uso e cobertura do solo (água, vegetação, solo exposto, entre outras), a posterior classificação desses temas em usos/coberturas urbanas e não-urbanas e a criação de superfícies impermeáveis (Lu et al, 2009).

2 - Localizando as imagens no espaço

Em geral, as imagens de satélite são disponibilizadas sem nenhum referencial geográfico. Assim, quando imagens são importadas para um sistema de informações geográficas (SIG), o sistema não "sabe" em que lugar do espaço geográfico estão localizadas estas imagens. Desse modo, é preciso fornecer um referencial geográfico a essas imagens. Essa etapa é chamada de georreferenciamento ou registro de imagens.

O georreferenciamento de uma imagem consiste em associar coordenadas geográficas a uma imagem não-georreferenciada a partir de outro tipo de dado já georreferenciado, como, por exemplo, uma imagem ou um mapa cadastral. No caso do banco de dados para estimação de populações humanas via imagens de satélite (Ortiz e Reis, 2010), a referência

usada foi o mapa digital dos setores censitários do município de Belo Horizonte (MG) no ano de 2000.

A etapa de registro das imagens é muito importante e deve receber bastante atenção. Registros malfeitos podem causar associações errôneas entre os atributos das imagens e os dados cadastrais, comprometendo a qualidade dos dados resultantes.

3 - Espacialização dos atributos

Imagens são formadas por pixels. Um pixel pode ser compreendido como a menor unidade de resolução espacial de uma imagem. O sensor CCD/CBERS2, por exemplo, produz imagens com resolução espacial de 20 m. Isto significa que cada pixel de uma imagem do sensor CCD/CBERS2 representa uma área de 20 m² no terreno imagiado.

Dependendo do tamanho dos pixels de uma imagem e do tamanho das unidades de um mapa cadastral, uma unidade pode conter vários pixels. Isto pode ser facilmente percebido na etapa de registro das imagens.

Em alguns estudos (Harvey, 2002b e Reis, 2005), cada pixel da imagem deve ter associado a ele um atributo da unidade cadastral na qual se encontra. Por exemplo, cada pixel deve ter associado a ele o valor da contagem populacional do setor censitário ao qual ele pertence. Ou ainda, o tipo do setor, normal ou aglomerado (favela).

Para a construção desse tipo de banco de dados, os atributos do mapa cadastral devem ser *espacializados*. No caso do SIG SPRING, uma grade numérica é criada e sobreposta ao mapa cadastral. Espacializar um atributo de um mapa cadastral significa associar a cada nó dessa grade o atributo da unidade cadastral à qual o nó pertence.

Para que seja possível associar os atributos espacializados às imagens, é preciso criar uma grade numérica com a mesma resolução espacial das imagens.

4 - Calculando estatísticas zonais

Na seção 3, os atributos de um mapa cadastral foram “distribuídos” e associados aos pixels de uma imagem por meio da operação de espacialização de atributos. Nesta seção, o interesse é resumir os atributos dos pixels pertencentes a cada unidade cadastral. Desse modo, a cada unidade cadastral, será associado um resumo dos atributos dos pixels que pertencem a ela.

No SPRING, esta operação denomina-se *cálculo de estatística zonal* e é feita através de um programa escrito na linguagem LEGAL (“Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico”). Essa linguagem permite o cálculo de mínimos, máximos, médias e totais.

No caso do banco de dados para estimação de populações humanas via imagens de satélite, as reflectâncias dos pixels em cada banda da imagem

LANDSAT foram resumidas pela reflectância média, associada a cada setor censitário.

5 - Montagem do banco final no ambiente R

Sistemas de informação geográfica (SIG) podem não ser poderosos o suficiente para realizar as análises estatísticas necessárias aos estudos que envolvem dados espaciais. Desse modo, o banco de dados construído no SIG deve ser exportado em um formato que possa ser importado por um *software* de análise estatística.

No caso do exemplo (Ortiz e Reis, 2010), as grades numéricas com atributos espacializados, geradas na terceira etapa, juntamente com as grades das imagens, são exportadas em formato apropriado para serem lidas no ambiente de programação R.

No R, os dados importados são manipulados de tal forma a gerar um banco de dados que possa ser utilizado no ajuste de modelos. Também nesta etapa, são retirados do banco de dados unidades de análise que não sejam interessantes para o estudo, como, por exemplo, setores de ocupação não-normal, setores não-urbanos, etc. No caso da estimação da população, o resultado da etapa final são dois bancos de dados contendo as variáveis explicativas (imagens e os resultados do processamento delas) e a variável dependente (contagem populacional): um banco cujas unidades de análise são os pixels e outro banco cujas unidades de análise são os setores censitários. Esses bancos podem ser utilizados na estimação da população dos setores censitários via imagens de satélite, usando-se a abordagem de pixels (Harvey, 2002a) e abordagem dos setores censitários (Harvey, 2002b).

6 - Considerações Finais

Embora algumas etapas descritas neste trabalho sejam específicas para a construção de um banco de dados para estimação de populações via imagens de satélite, o exemplo utilizado é perfeitamente válido e útil no auxílio à construção de bancos de dados visando outras demandas.

7 - Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) o apoio na realização deste trabalho através do Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PROBIC).

8 - Referências Bibliográficas

Bitencourt, M.D.; Mesquita Jr., H. N. De; Mantovani, W.; Batalha, M.A., Pivello, V.R (1997) Identificação De Fisionomias De Cerrado Com imagem índice de vegetação pp. 316-320. In L.L. Leite & C.H. Saito (eds.). *Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado*. Universidade de Brasília, Brasília.

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas U. M.; Garrido, J. (1996) SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. *Computer & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403.

Harvey, J. T. (2002a) Estimating census district populations from satellite imagery: some approaches and limitations. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, n. 10, p. 2071-2095.

_____. (2002b) Population estimation models based on Individuals TM Pixels. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 68, n. 11, p. 1181-1192.

Lu, D., Weng; Q. Li, G. (2006) Residential population estimation using a remote sensing derived impervious surface approach, *International Journal of Remote Sensing*, 27, No. 16, 20 August 2006, 3553–3570

Ortiz, R. J. F.; Reis, I. A. (2010) Construção de banco de dados para estimação de populações via imagens de satélite. *Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG*. Disponível em: <<http://www.est.ufmg.br>>.

R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <<http://www.R-project.org>>.

Reis, I. A. (2005) Estimação da população dos setores censitários de Belo Horizonte usando imagens de satélite. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (Goiânia – GO)*, v. 1. p. 2741-2748. URL: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/capa.htm>>.

Vermote, E.F. ; Tanre, D. ; Deuzé, J.L. ; Herman, M., ; Morcrette, J.J. (1997) Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. *IEEE Trans. Geosc. Remote Sens*, vol. 35, n. 3, p. 675-686.

Werneck G.L.; Costa, C.H.N.; Walker A.M.; David, J.R.; Wand M.; Maguire, J.H. (2007) Multilevel modelling of the incidence of visceral leishmaniasis in Teresina, Brazil. *Epidemiol. Infect.* , 135: 195-201.