

Classificação de imagens TM5-Landsat com análise orientada a objeto para a verificação da expansão urbana de Bueno Brandão, MG

Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis^{1,2}
Cláudia Durand Alves¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{likitgb, durand}@dsr.inpe.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
Campus Caraguatatuba
Av. Rio Grande do Norte, 450 – Indaiá, 11665-310 – Caraguatatuba - SP, Brasil
vassiliki@cefetsp.br

Abstract. In this study orbital remote sensing data were processed in a GIS for the verification of urban expansion between 2000 and 2007 in the county of Bueno Brandão, state of Minas Gerais. The reason for choosing this period was that in the last decade, there was a growth of rural evasion in the city, due to the available governmental habitation programs. Although there was a significant and visible expansion, there was no available data of the current area covering the urban settlements. The classification of TM5-Landsat images was done by the use of an object-based approach, applied in the the Definiens 7 software. Spectral, relational and textural attributes were used for the definition of classes, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which allows the separability of the vegetation class, and also, the textural homogeneity, which was used through specific fuzzy functions for the urban and bare soil classes, making it possible to reduce the confusion in the process of classifying medium spatial resolution images. The data integration was done by the use of SPRING software, version 5.1.5. The validation of the urban area classifications was done by the use of *Kappa* statistics, obtaining the indexes of 0.72 and 0.86 for the 2000 and 2007 maps. The methodology approach of this study was able to show the relevance in using this kind of classification technique as it may be systematized with low cost in short-time periods, providing good quality results, in order to guide the necessary procedures toward urban planning.

Palavras-chave: Medium spatial resolution images, detection of urban areas, object-based approach, imagens de média resolução espacial, detecção de áreas urbanas, abordagem orientada a objeto.

1. Introdução

O desenvolvimento urbano causa uma intensa e profunda manipulação do ambiente e, devido a fatores políticos e econômicos, pode influenciar isolada ou coletivamente a vida dos indivíduos que residem na área em expansão FORATTINI (1991).

No município de Bueno Brandão, MG, ocorreu expansão urbana expressiva no final da última década, essencialmente devido ao surgimento de diversos programas habitacionais financiados pelo governo federal e estadual, para a obtenção de residências de padrão popular. A população migrou para a área urbana em busca de melhores condições de infra-estrutura principalmente nos quesitos, saneamento, saúde e educação, além da expectativa de se obter um maior rendimento familiar. De acordo com dados obtidos pelos Censos do IBGE, ocorreu um aumento do setor urbano pouco significativo nos últimos 40 anos, mas inverteu a proporção do quadro rural em relação ao urbano, tornando-se este levemente superior, pela primeira vez na história, conforme o que consta na Tabela 1.

Tabela 1. População de Bueno Brandão, MG, de 1970 a 2007

População	1970	1980	1991	2000	2007
Urbana	2554	3577	4848	5241	5432
Rural	7428	6708	5939	5691	5368
Total	9982	10285	10787	10932	10800

Fonte: IBGE (2010)

Para o monitoramento do crescimento urbano, torna-se cada vez mais difícil e oneroso o uso de técnicas convencionais, entre as quais, os levantamentos topográficos e aerofotogramétricos. No caso dos municípios brasileiros de pequeno porte é comum a indisponibilidade de dados para a atualização do cadastro multifinalitário.

O uso de imagens provenientes de satélites tem sido uma ferramenta muito mais viável para a realização de estudos relativos à expansão urbana, pois permite que uma extensa área seja coberta por uma única cena e custo mais baixo (ou gratuito) para os usuários.

Através da automatização dos processos de tratamento e classificação de imagens, uma grande quantidade de informação pode ser gerada de forma sistemática e objetiva. Deste modo, pode-se diminuir a subjetividade associada à interpretação manual de dados de sensoriamento remoto, acelerar o processo de obtenção de informações atualizadas e aumentar significativamente a quantidade de informações geradas.

A abordagem orientada a objeto vem se mostrando muito eficiente em diversas aplicações. No estudo desenvolvido por Lee e Warner (2006), referente à comparação entre a classificação orientada a objeto com a pixel a pixel, a primeira se destacou em combinar a informação espacial e espectral, pois se inicia com o processo de segmentação no qual os objetos são criados, utilizando-se de variáveis espectrais e espaciais.

Um dos objetivos do presente trabalho é otimizar o processo de extração automática de áreas urbanas de imagens do satélite LANDSAT.

Deste modo, a aplicação dos métodos aqui propostos pode servir de subsídio para o planejamento urbano, principalmente em áreas de expansão.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Bueno Brandão, MG, localizado no sul de Minas Gerais, com área total de 355,23 km². Entretanto, a área de estudo corresponde a um recorte que envolve o perímetro urbano, com a área de 1,49 km². O retângulo envolvente do banco de dados compreende as latitudes de S 22°26'55.32'' e S 22°25'56.27'', e longitudes W 46°21'25.74'' e W 46°20'28.62'', conforme o ilustrado na Figura 1.

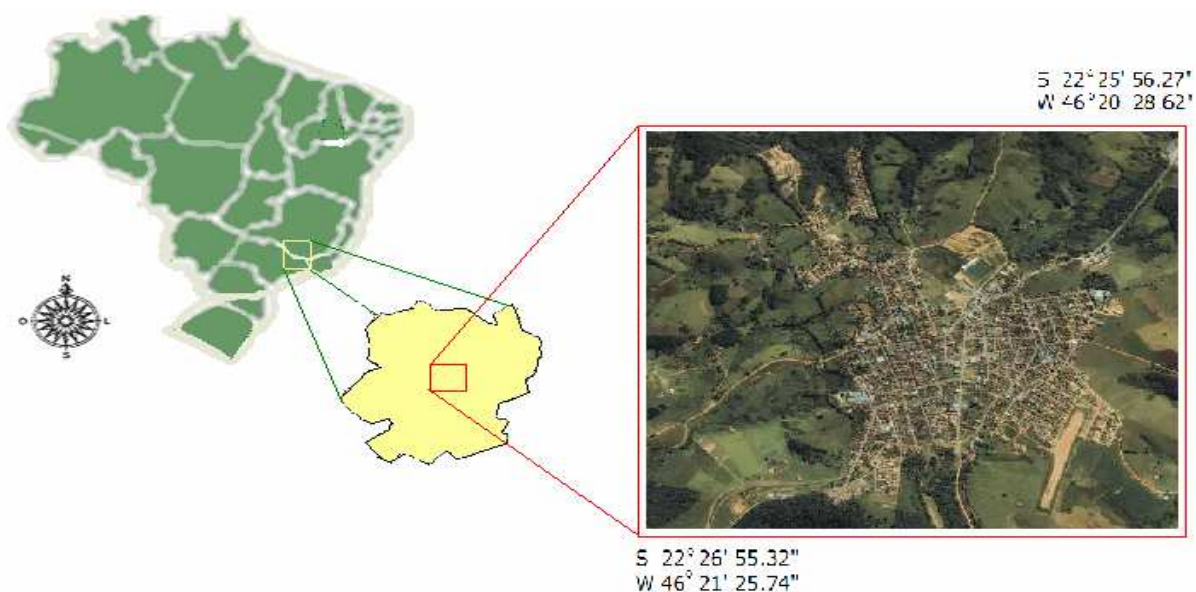


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptação de Boulomytis e Alves (2010) e de ©2009 Google – Image © 2010 Geoeye

2.2 Material Utilizado

Foram utilizadas as imagens de média resolução TM5-Landsat, órbita/ponto 219/76, bandas 3, 4 e 5, obtidas em 17/06/2000 e 16/08/2007. As imagens de 2000 foram disponibilizadas através do banco de dados da GLCF-NASA (<http://glcf.umiaccs.umd.edu/data/landsat/>) e as de 2007, através da Divisão de Geração de Imagens do INPE (http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php). O georreferenciamento das imagens de 2007 foi feito utilizando-se como referência as imagens de 2000.

A classificação das imagens com a abordagem orientada a objeto foi realizada através do *software* Definiens, versão 7, no qual foram gerados os mapas temáticos relativos às áreas urbanas das datas estudadas. Já a integração dos demais dados e o georreferenciamento das imagens 2007 ocorreram através do *software* SPRING, versão 5.1.5 (CÂMARA *et al.*, 1996), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A validação das imagens classificadas foi feita aplicando-se a análise estatística do índice *Kappa*, na qual foram comparados os dados levantados em campo com o auxílio do GPS ETREX – GARMIN, versão 2.09. Para auxiliar na interpretação visual durante a verificação dos pontos de GPS em relação às classes dos mapas temáticos, foi utilizada a imagem de alta resolução Quickbird, coletada em 29/04/2003 e disponibilizada pelo *software* Google Earth, versão 2009. Esta imagem foi registrada utilizando-se da Folha da Carta do Brasil – Munhoz e Ouro Fino digitalizada, importada para o banco de dados do *software* SPRING (IBGE, 1972).

2.3 Métodos Empregados

A classificação orientada a objeto consiste no agrupamento de pixels a partir da segmentação da imagem. A segmentação é o passo preliminar, no qual ocorre a divisão da imagem em objetos homogêneos e contíguos. A acurácia da segmentação influencia diretamente no desempenho da classificação. Inicialmente elaborou-se uma legenda de cobertura e uso da terra com base no conhecimento da área de estudo e nos objetivos da classificação. As classes foram definidas como: *urbana, solo exposto, vegetação, outros*.

Na etapa inicial foi criado e inserido o NDVI como um atributo no *software* Definiens, havendo a possibilidade de se determinar a presença de vegetação em diversos estágios de vigor, crescimento e densidade, mas que no caso, não eram do escopo deste estudo. A utilização deste atributo é de suma importância para a separabilidade entre as áreas urbanas e não-urbanas nas imagens LANDSAT, principalmente para aquelas que foram obtidas em períodos mais chuvosos, quando a vegetação é mais exuberante.

Os valores de NDVI foram obtidos a partir da razão da diferença dos níveis de cinza de cada pixel nas bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (visível) da imagem LANDSAT pela soma das mesmas, conforme Equação (1).

$$\text{NDVI} = \frac{B4 - B3}{B4 + B3} \quad (1)$$

Na seqüência, as imagens TM5-Landsat foram segmentadas utilizando-se dos parâmetros de escala (5), forma (0,1) e cor (0,9), definidos a partir das características espaciais dos dados e dos alvos a serem identificados, com base no trabalho desenvolvido por Alves *et al.* (2009). Posteriormente, foram determinados os atributos de forma, cor, textura e contexto que, isoladamente ou em conjunto, melhor caracterizaram as classes de interesse. Para a seleção de atributos houve a espacialização em forma de imagem de níveis de cinza daqueles que apresentaram melhores resultados na discriminação das classes.

Na Tabela 2, podem ser observados os atributos selecionados para cada classe. Para a classe *urbana*, de interesse deste trabalho, foi utilizado, além do nível de cinza na banda 3, o atributo homogeneidade de textura. Este atributo textural foi selecionado para contribuir com

a separabilidade entre as classes *urbana* e *solo exposto*, devido à confusão que normalmente ocorre entre as mesmas. Dentre os atributos de textura disponíveis foi selecionada a feição homogeneidade, já que as áreas urbanizadas apresentaram-se com um padrão rugoso em relação às áreas com solo exposto neste tipo de imagem. Para a classe urbana, também foi utilizado um atributo de contexto caracterizado pela dependência da existência desta classe nas diferentes datas, devido ao caráter multitemporal desta análise.

Tabela 2. Atributos selecionados para as classes de interesse.

Classes	Atributos	Tipo de Atributo
urbana	Média da banda 3 Homogeneidade Contexto	Espectral Textura Relacional
Solo exposto	Média da banda 3 homogeneidade	Espectral Textura
vegetação	NDVI	Espectral
outras	Não-classificado	Relacional

Fonte: Boulomytis e Alves (2010)

Foram selecionadas amostras e assim puderam ser obtidas as funções fuzzy de pertinência dos atributos descritores de cada classe. Em seguida foi executada a classificação automática, geração do mapa temático, posteriormente inserido em um banco de dados criado no *software* SPRING. Finalmente, no processo de classificação das imagens TM5-Landsat, foi realizada a edição matricial do mapa, obtido a partir da classificação automática realizada no *software* Definiens, a fim de reduzir os erros deste produto, configurando o aspecto híbrido da classificação (DURAND *et al.*, 2007).

A avaliação dos mapeamentos se deu a partir da comparação com o mapa obtido por meio de interpretação visual sobre a imagem de alta resolução do Google Earth, além dos pontos obtidos *in loco* por meio de um GPS de navegação. Esta imagem foi georreferenciada com pontos de controle sobre a carta do IBGE (1972). Inicialmente realizou-se uma análise qualitativa das classificações obtidas.

O mapeamento final foi avaliado quantitativamente por meio do índice *Kappa*, que é calculado a partir do uso de uma matriz de confusão. Nela são associadas as ocorrências de acertos e erros da imagem classificada em relação à referência terrestre. A partir da adaptação de Congalton e Green (1998), a estimativa da precisão foi feita a partir a Equação (2).

$$K = \frac{t \sum_{i=1}^n x_{ii} - \sum_{i=1}^n x_{in+1} x_{n+1i}}{t^2 - \sum_{i=1}^n x_{in+1} x_{n+1i}} \quad (2)$$

Onde:

- t : número total de amostras da matriz de confusão;
- n : número total de classes;
- x_{ii} : elementos da diagonal principal da matriz de confusão;
- x_{in+1} : total de elementos para cada linha das classes da imagem classificada;
- x_{n+1i} : total de elementos para cada coluna das classes da imagem de referência.

3. Resultados e Discussão

Para a análise da evolução da ocupação urbana no município estudado, foi essencial classificar adequadamente as imagens de média resolução TM5-Landsat. Uma das vantagens da análise de imagens orientada a objeto, segundo Chubey et al. (2006), é a multiplicidade de informações adicionais que podem ser derivadas de uma imagem-objeto em relação àquelas disponíveis em pixels individuais. Além da informação referente às suas características espectrais, tem-se a informação baseada no tamanho do objeto, forma e contexto que podem ser calculadas como pertencentes a um subobjeto ou superobjeto, em uma hierarquia de multiníveis (DEFINIENS, 2006).

O índice *Kappa* calculado para a validação da classificação das imagens foi de 0,72 para o mapeamento relativo ao ano 2000 e 0,86 para o de 2007. A verificação da qualidade dos valores obtidos foi feita considerando-se os parâmetros listados na Tabela 3 (CONGALTON e GREEN, 1998), a partir da qual se observou que as classificações para os mapas de 2000 e 2007 puderam ser aceitas e consideradas como aceitável e excelente, respectivamente.

Tabela 3 Nível de qualidade para a validação da classificação das imagens

Índice <i>Kappa</i>	Qualidade da estimativa
$K < 0,4$	Pobre
$0,4 < K < 0,8$	Aceitável
$K > 0,8$	Excelente

Fonte: Boulomytis e Alves (2010)

Os mapeamentos temáticos obtidos após a classificação das imagens, utilizando-se de abordagem orientada a objeto podem ser observados na Figura 2, na qual encontram-se indicadas as áreas totais referentes às classes mapeadas.

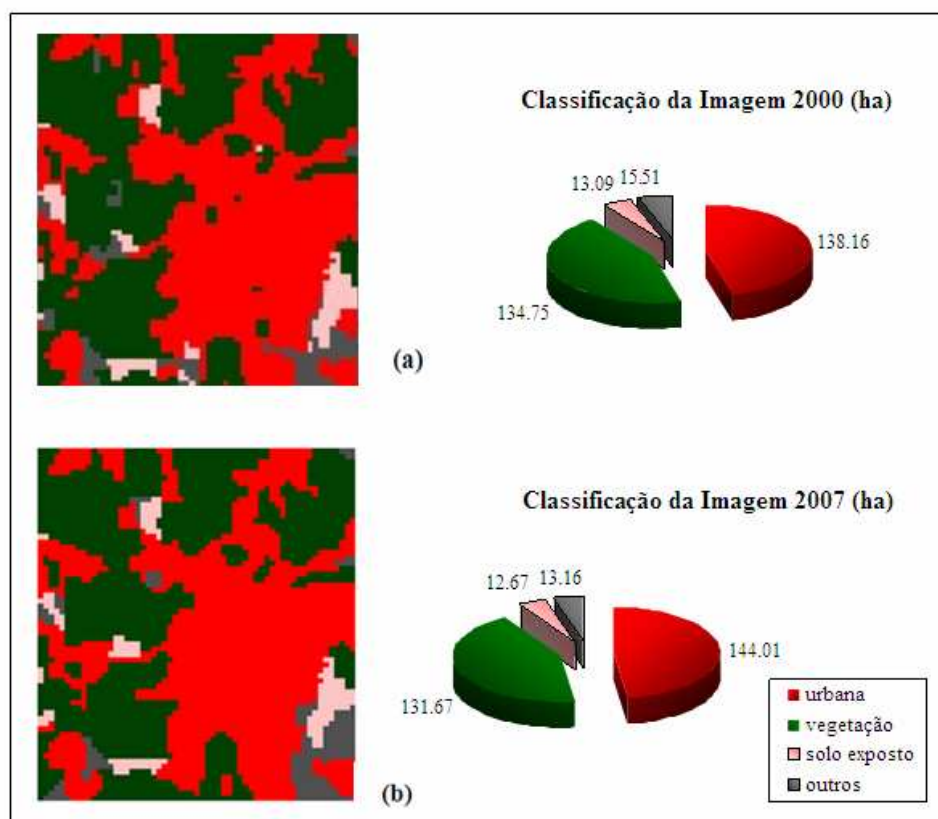


Figura 2. Classificação obtida por análise orientada a objeto das imagens TM5-Landsat de 2000(a) e 2007 (b) e áreas classificadas.

Fonte: Boulomytis e Alves (2010)

Observa-se que houve expansão da área urbana de 4,23%, frente ao aumento da população urbana de 3,64%, no período de estudo. A área de vegetação, a de solo exposto e a classe *outros* sofreram decréscimos de 2,29%, 3,21% e 15,15%, respectivamente. Deste modo, pode-se inferir baseado nos percentuais obtidos e na comparação entre os dois mapas, que a expansão urbaniza se sucedeu prioritariamente nas áreas que já estavam sem vegetação, com solo exposto, ou classificados como *outros*. Alguns locais que no período inicial do estudo encontravam-se na classe *outros*, possuíam cobertura com telhas de amianto, em galpões comerciais ou em construções rurais, e no final do período foram substituídas por coberturas de telhas cerâmicas, predominante nas edificações residenciais desta região.

4. Conclusões

No que se refere à definição dos alvos, a abordagem orientada a objeto adotada na metodologia de classificação das imagens apresentou um ganho significativo de qualidade, para a elaboração do mapa temático gerado a partir de imagens de média resolução. No entanto, também foi necessária a realização de trabalho *in loco* para a validação do mapa temático classificado e análise dos dados.

De qualquer modo, comparando-se os métodos tradicionais que poderiam ser utilizados para o monitoramento da expansão urbana com os empregados nessa metodologia, verifica-se que as vantagens são muito significativas, entre elas, o baixo custo e o menor intervalo de tempo dedicados para o estudo, além da boa qualidade, comprovada através do uso da análise estatística do índice *Kappa*.

Referências Bibliográficas

Alves, C. D., Pereira, M. N., Florenzano, T. G., Souza, I. M. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.15, n. 1, p. 120-141, 2009.

Boulomytis, V. T. G., Alves, C. D. Uso do sensoriamento remoto e do cálculo do índice de Gini para a estimativa da desigualdade social com a expansão da área urbana: caso de Bueno Brandão, MG. In: Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável (PLURIS), 4., 2010, Faro, Portugal. **Anais...** On-line. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper541.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2010.

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

Chubey, M. S.; Franklin, S. E.; Wulder, M. A. Object-based analysis of Ikonos-2 imagery for extraction of forest inventory parameters. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, n. 4, p. 383-394, 1996.

Congalton, R. G. e Green, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. New York: Lewis Publishers, 1998. 137p.

Definiens. **eCognition: User Guide 5**, 2006. Disponível em: <http://www.definiens.com/services/faq/Definiens_Professional5_InstallationGuide.pdf>. Acesso em 02 mar. 2010.

Divisão de Geração de Imagens do INPE(DGI-INPE). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php>. Acesso em: 20 mar. 2010.

Durand, C.; Souza, I. M., Pereira, M.N. Análise Orientada a Objeto para a Extração Automática de Áreas Urbanizadas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto(SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 5187-5189. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.20.16.57>>. Acesso em 10 mai. 2010.

Forattini, O. P. Qualidade de vida e meio urbano. A cidade de São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 25, n. 2, p. 75-86, 1991.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) **Folha da Carta do Brasil – Munhoz e Ouro Fino**. São Paulo: IBGE, 1972.

_____. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/mapasite/estatistica.html>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

Lee, J. Y.; Warner, T. A Segment Based Image Classification. **International Journal of Remote Sensing**, v.27, n. 15-16, p.3403-3412, 2006.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landsat>>. Acesso em: 20 mar. 2010.