



Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal

Elias Rodrigues da Cunha*

Vitor Matheus Bacani**

Arnaldo Yoso Sakamoto***

Resumo: O presente trabalho objetivou aplicar uma abordagem metodológica que utiliza técnica de segmentação associada à análise e interpretação visual de imagens de alta resolução no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do córrego Guanandy, município de Aquidauana- MS, Brasil. A abordagem metodológica proposta fundamentou-se em procedimentos digitais de imagem que utilizam imagens de alta resolução espacial, técnica de segmentação e interpretação visual de imagens. O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi dividido em 6 seis etapas: 1ª Captura das imagens de satélite GeoEye no ArcMap 10® Online; 2ª Mosaico das cenas; 3ª Segmentação e extração de regiões, 4ª Elaboração da chave de interpretação, 5ª Classificação visual em ambiente SPRING 5.2 e 6ª Exatidão da classificação. Como resultado foram mapeadas 7 classes de uso da terra e cobertura vegetal. As imagens de alta resolução espacial submetidas à combinação da técnica de segmentação e o método de interpretação visual, apresentaram resultados satisfatórios de classificação, com exatidão global de 91% e índice Kappa de 0,90, considerado “excelente”.

* Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS - Campus Aquidauana).

** Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor adjunto no Departamento de Ciências Humanas da UFMS (Campus Aquidauana).

*** Doutor em Geografia pela USP. Professor adjunto no Departamento de Ciências Humanas da UFMS (Campus Três Lagoas).

Using high resolution image for mapping land use and land cover

Abstract: This study aimed to apply a methodological approach that uses segmentation technique associated with analysis and visual interpretation of high-resolution imagery for land use and land cover mapping of watershed Guanandy stream, city of Aquidauana-MS, Brazil. The proposed methodological approach was based on digital imaging procedures described in Jensen (2009) and Novo (2010). The mapping of land use and land cover was divided into 6 six steps: 1st Capture images in ArcGIS 10 ® Online, 2nd Mosaic Scenes, 3rd Segmentation and extraction regions, 4th Elaboration of key interpretation, 5th visual classification and 6th Accuracy of classification. The mapping was divided into seven classes: pasture, urbanized area, secondary forest, reforestation, bare soil, wetland and water bodies. Images of high spatial resolution associated with segmentation technique and visual interpretation approach showed results satisfactory classification (global accuracy 91% and Kappa index 0.90, considered excellent).

Palavras-chave:

Segmentação; índice kappa; SPRING.

Key-Words:

Segmentation; Kappa index; SPRING.

Introdução

Durante décadas, fotografias aéreas em grande escala têm sido empregadas para obter informações através da aplicação técnicas de fotointerpretação, a mesma interpretação usando textura, contexto e configurações espaciais de características de cobertura do solo rural e, sobretudo os que envolvem ambiente urbano, conforme destacado em Bowden et al. (1975); Haack et al. (1977); McKeown (1988). Jensen e Cowen (1999) citam a importância de utilização de imagens de alta resolução no mapeamento de uso da terra em áreas urbanas, sendo essencial para aplicações relacionadas a planejamento e gestão de áreas urbanas e seu entorno em ambientes rurais. É inegável a contribuição dessas imagens em trabalhos realizados em diversas áreas de mapeamento ambiental (MAEDER et al., 2002; CLARK et al., 2004; MIURA e MIDORIKAWA, 2006).

A classificação de uso da terra e cobertura vegetal de bacias hidrográficas em escalas de detalhe requer imagens de alta resolução espacial, especialmente as que apresentam áreas urbanas (Mathieu et al., 2007; Cleve et al., 2008) porque há um alto nível de detalhe e os objetos são heterogêneos (Grove et al., 2006; Landry e Pu, 2010), e, portanto, os detalhes da paisagem devem ser bem identificados (Zhou et al., 2008).

A simplificação da representação é uma das questões centrais relacionadas à extração de informações sobre as imagens de sensoriamento remoto. Um exemplo de simplificação consiste no particionamento da imagem em regiões homogêneas. Desse modo, os métodos de segmentação de imagem podem realizar o processo de identificação de regiões de diferentes maneiras, seja a partir da identificação das bordas que delimitam as regiões, pelo agrupamento de pixels semelhantes ou mesmo definindo limiares para separação de pixels (NEGRI e SILVA, 2013).

Carleer et al. (2005) ao avaliarem diferentes métodos de segmentação de imagem de satélite de alta resolução espacial concluíram que o método de crescimento de regiões apresenta uma vantagem significativa na segmentação de imagens de alta resolução espacial devido à menor sensibilidade à textura. Para esse processo destaca-se o software de processamento digital de imagens SPRING (CAMARÁ et al., 1996). Meinel e Neubert (2004) compararam o desempenho dos algoritmos de segmentação de seis softwares (*eCognition 2.1 resp. 3.0, Data Dissection Tools, CAESAR 3.1, InfoPACK 1.0, Image Segmentation- Erdas Imagine, Minimum Entropy Approach, SPRING 4.0*) e constataram que o SPRING apresentou-se com desempenho compatível com softwares comerciais, inclusive superando alguns deles em termos de qualidade visual de segmentação.

A coleta dos dados de referência, ou seja, aqueles que representam a situação real de campo à época da obtenção da imagem é uma parte essencial de qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo dados obtidos por meio de sensoriamento remoto (BRITES, et al., 1996). Esses dados são usados para verificar a exatidão da classificação, para descobrir confusão entre classes e como entrada no processo de refinamento da classificação (CONGALTON e BIGING, 1992).

Assim, o Índice Kappa (ou Coeficiente Kappa), que é um parâmetro utilizado para determinar a exatidão de dados, ou seja, que fornece uma ideia do quanto as observações se afastam daquelas esperadas, nesse caso relacionados ao mapeamento e uso da terra e cobertura vegetal através do sensoriamento remoto (TERRA e LAMPARELLI, 2015). O método favorece a visualização dos resultados da classificação temática e expressa a relação entre os erros associados ao sistema de classificação, os de inclusão e os de omissão (MANGABEIRA et al., 2003).

Com a disponibilidade crescente das imagens de alta resolução (*Quick Bird, World View- 1, Geoeye*) disponíveis em plataformas como Google Earth e Bing Map vem ocorrendo uma atualização nos trabalhos de mapeamentos de grande escala, antes elaborados como base em fotografias aéreas. Essa perspectiva associa os detalhes de resolução espacial advindos dessas imagens, com novas técnicas de mapeamento, que são fundamentais para avanço do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

O banco de imageamento da plataforma do *ArcMap 10 Online* contém um serviço de

mapeamento online para imagens aéreas do *Bing Maps* (sistema compatível com o *Google Earth*) que oferece imagens de satélite em escala mundial. A cobertura varia por região, com a cobertura mais detalhada nos Estados Unidos e Reino Unido. As imagens em diferentes áreas dentro de um país também variam em detalhes baseado na disponibilidade para esta região. O *Bing Maps* adiciona continuamente imagens em novas áreas e atualiza a cobertura em áreas de cobertura existentes.

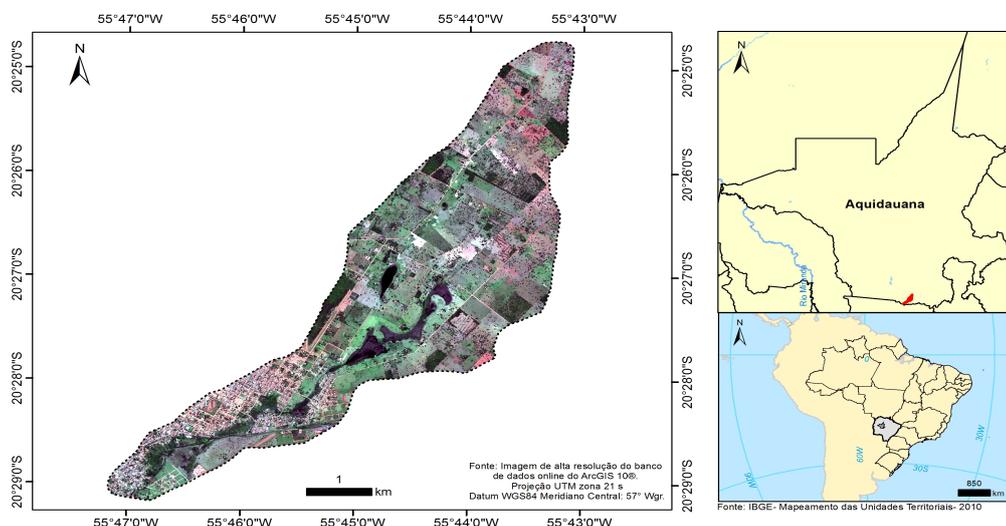
Esse trabalho objetivou aplicar uma abordagem metodológica que utiliza técnica de segmentação associada à análise e interpretação visual de imagens de alta resolução espacial no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal, usando como área teste a bacia hidrográfica do córrego Guanandy, caracterizada pela alta heterogeneidade de elementos da paisagem.

Materiais e métodos

Área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Guanandy localiza-se no Estado de Mato Grosso do Sul, na região sul do município de Aquidauana, entre as latitudes 20° 29' 11 s e 20° 24' 47 s e longitudes 55° 47' 09 w e 55° 43' 02 w. Apresenta uma área de aproximadamente 1782,17 hectares, que abrange tanto a zona rural (a montante), quanto à zona urbana (a jusante) (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pelos autores.

Materiais

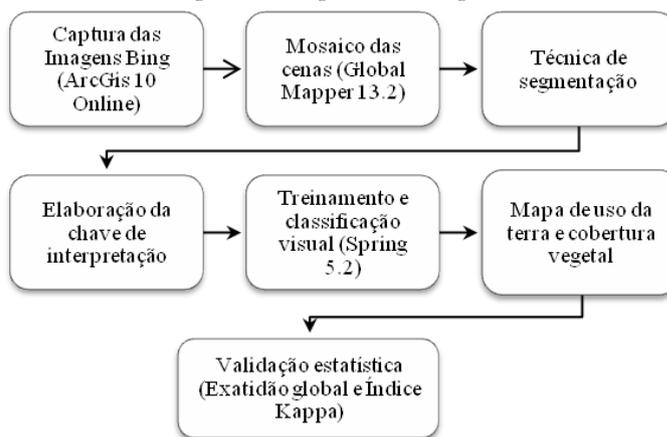
Para a delimitação da bacia hidrográfica e extração da rede de drenagem utilizou-se a carta topográfica Folha Aquidauana (SF. 21- X-A III), na escala de maior detalhe mapeada para o local, 1:100.000 (DSG-1966), que foi digitalizada em scanner de mesa e dados SRTM 30 m (VALERIANO, 2008) quadrícula 20_57_ZN (GeoTIFF) extraído do banco de dados geomorfométricos brasileiro (TOPODATA), disponível gratuitamente no sítio do INPE (www.dpi.inpe.br/Topodata).

O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi elaborado através dos SIGs: *Arx-Map10*[®], *Global Mapper 13.2*[®] e *Spring 5.2*.

Procedimentos metodológicos

A abordagem metodológica proposta fundamentou-se em procedimentos digitais de imagem descritos em Jensen (2009) e Novo (2010). O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi dividido em seis etapas: 1ª Captura das imagens no *ArcMap 10® Online* (ESRI,2010); 2ª Mosaico das cenas no *Global Mapper 13.2®*; 3ª Segmentação e extração de regiões, 4ª Elaboração da chave de interpretação, 5ª Classificação visual em ambiente Spring 5.2 e 6ª Exatidão da classificação, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma metodológico.



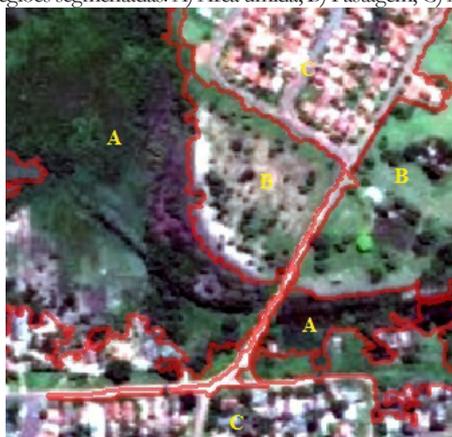
Fonte: elaborado pelos autores.

1ª) As etapas percorridas foram as seguintes: ADD data from ArcGIS Online> *Digital Bing Maps Aerial e adicionar.> File>Export Map>Format>habilitar Write GeoTIFF Tags* (os parâmetros de georreferenciamento serão inseridos automaticamente nas imagens), para o recobrimento da área bacia hidrográfica foram necessárias 16 cenas, salvas no formato GeoTIFF, na escala de 1:10.000.

2ª) Gerou-se um mosaico das cenas convertidas e registradas no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 21S e Datum WGS84.

3ª) A técnica de segmentação permitiu dividir a imagem em regiões espectralmente homogêneas, pelo método de crescimento de regiões. Na aplicação da segmentação foram definidos dois limiares: similaridade e área. A partir da segmentação da imagem foi possível definir áreas para classificação (Figura 3), após vários testes por análise exploratória definiram-se os limiares de similaridade 20 e área 30. Na extração de regiões: foi extraído apenas um parâmetro dos polígonos, o posicionamento, pois a classificação foi visual, todavia não foi necessária a média de níveis de cinza e matriz de covariância, que normalmente são utilizados pelos classificadores, tais como os algoritmos *Bhattacharya e Isoseg*.

Figura 3 – Regiões segmentadas: A) Área úmida, B) Pastagem, C) Área Urbanizada.



Fonte: elaborado pelos autores.

4ª Elaborou-se uma “Chave de Interpretação” (Quadro 1) que serviu de subsídio para análise visual e classificação dos polígonos segmentados. A análise visual pode ser definida como o ato de examinar uma imagem com o propósito de identificar objetos e estabelecer julgamentos sobre suas propriedades. Dentro dessa concepção a interpretação visual se baseia em sete características de imagem no processo de extração de informações, tais como: tonalidade/cor, textura, padrão, localização, forma, sombra e tamanho (FLORENZANO, 2008; NOVO, 2010), entretanto para o presente trabalho utilizou apenas tonalidade/cor, textura e forma.

Quadro 1– Chave de interpretação.

Uso da terra e cobertura vegetal	Imagem	Cor/Tonalidade	Textura	Forma
Pastagem		Verde	Lisa	Irregular
Área urbanizada		Mistura de vermelho, laranja e cinza.	Rugosa	Regular/Irregular
Mata secundária		Verde-escuro	Rugosa	Regular/Irregular
Reflorestamento		Verde	Ligeiramente rugosa	Irregular
Área úmida		Verde/Cinza	Lisa e ligeiramente rugosa	Irregular
Corpos d'água		Verde escuro/Preto	Lisa	Irregular
Solo exposto		Branca/Rosa	Lisa	Irregular

Fonte: elaborado pelos autores.

5ª) Após a segmentação, foi feita a coleta das amostras. Foram selecionadas áreas amostrais de classificação considerando as classes de interesse, as quais foram definidas em 7 classes (pastagem, área urbanizada, mata, reflorestamento, solo exposto, área úmida e corpos d'água), onde cada grupo de pixels (regiões) da imagem foi classificado em uma das classes definidas. Nessa etapa, não se utilizou as amostras adquiridas para o processo de classificação por regiões, optou-se pelas classes obtidas, na opção “exportar temas” categoria temática, no formato vetorial (em arquivo *shapefile*) para edição final no *ArcMap 10*®.

6ª Exatidão da Classificação: para a avaliação estatística do desempenho da classificação, empregou-se o índice de concordância Kappa (Equação 1) e Exatidão Global (Equação 2) aos resultados obtidos, conforme sugerido por Congalton (1991). A validação do mapeamento foi realizada com base em 70 pontos amostrais de verdade terrestre, obtidos por meio de amostragem aleatória simples. Os valores do índice Kappa foram analisados e comparados aos limiares estabelecidos por Landis e Koch (1977).

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

Equação 1

$$Acurácia_{global} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{N} \right)$$

Equação 2

Onde: \hat{K} : valor estimado Kappa; k: número de linhas; x_{ii} : número de observações na linha i e coluna i; $\sum_{i=1}^k x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal; x_{i+} : soma total das observações para as linhas; x_{+i} : soma total das observações para as colunas; N: número de observações total.

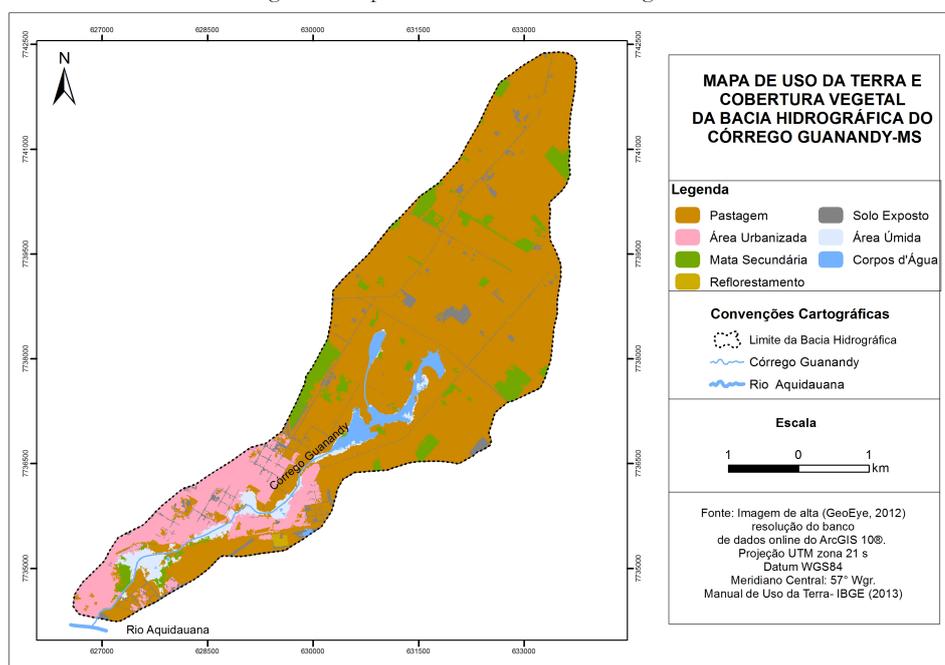
Resultados e discussão

Uso da terra e cobertura vegetal

A partir da interpretação visual de imagem de alta resolução obteve-se 7 classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia do córrego Guanandy (Figura 4). A Tabela 1 apresenta as classes mapeadas e a quantificação de área.

A Pastagem ocupa 1335,41 hectares, o que corresponde a 74,93% da área total da bacia, caracterizando-se como a maior classe mapeada. A introdução da pastagem plantada ocorre ao longo das margens do córrego (Figura 5.1), prática que ocorre principalmente nas proximidades das nascentes (lagoa dos bobos).

Figura 4 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal.



Fonte: elaborado pelos autores.

Essas áreas que deveriam ser ocupadas por formações vegetais nativas (mata ciliar e/ou mata de galeria), que segundo o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) é associada como Área de Preservação Permanente (APP) esta atua como barreira física, regulando os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos e desenvolvendo condições propícias à infiltração (KAGEYAMA, 1986; LIMA, 1989). A sua ausência ao longo das margens aumenta a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimento, favorece processos erosivos nas margens e assoreamento do leito.

Tabela 1- Classes mapeadas e quantificação de área

Classes	Hectares	%
Pastagem	1335,41	74,93
Área urbanizada	209,95	11,79
Mata secundária	118,17	6,63
Reflorestamento	3,36	0,18
Solo exposto	7,05	0,40
Áreas úmidas	61,02	3,42
Corpos d'Água	47,21	2,65
Total	1782,17	100,00

Fonte: elaborado pelos autores.

As áreas de pastagem localizada na fazenda Guanandy (baixo curso), estão sendo reflorestada com mudas de árvores nativas da região (Figura 5.2), iniciativa que faz parte de um projeto denominado “Sementes do Amanhã”, uma parceria da Gerência de Desenvolvimento Agrário e Meio Ambiente, 9º Batalhão de Engenharia de Combate, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS e Lions Clube.

A área urbanizada compreende a segunda maior classe mapeada com 11,79%, ao longo da margem direita do córrego encontram-se os bairros Santa Teresinha e Serraria (vila Jardim II e São Cristovão), caracterizados por grande adensamento de construções e ruas que em sua maioria são pavimentadas. Na margem esquerda localizam-se as vilas São Francisco, Popular, Quarenta, Icarai e bairro Guanandy.

Figura 5 – Fotos do uso da terra e cobertura vegetal na área de estudo.



Fonte: organizado pelos autores.

Verificou-se através do mapeamento e trabalho de campo que algumas áreas no médio e baixo curso (margem direita e/ou esquerda) estão ocupadas por construções irregulares, precisamente na vila Quarenta (Figura 5.3) e bairro Guanandy (Figura 5.4) não obedecendo ao Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) que considera Área de Preservação Permanente (APP) as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura.

A mata secundária está distribuída em 6,63% da área e encontra-se principalmente no nordeste da bacia, sempre associada com a presença de pastagem, exceto em dois fragmentos de mata localizados na fazenda Guanandy, no baixo curso do córrego, onde encontram-se associados com áreas úmidas (Figura 5.5).

A classe reflorestamento é caracterizada como a menor área mapeada com apenas 3,36 hectares, o que corresponde 0,18% da bacia. Localiza-se na área da Usina COIMOR, a mesma que trabalha com reflorestamento de madeira (Figura 5.6) e tratamento de dormentes.

As áreas de solo exposto apresentam-se ao longo das ruas (zona urbana) não pavimentadas (Figura 5.7), estradas (zona rural) e em algumas áreas de propriedades rurais; abrange apenas a 0,40% das classes mapeadas. Nessas áreas predomina solos de textura arenosa caracterizados pela presença em sua maioria de arenitos finos, médio, lentes de diamictitos de matriz siltico-arenosa e graus de quartzo (BRASIL, 1982).

As áreas úmidas apresentam-se ao longo das margens do córrego Guanandy (Figura 5.8), área que corresponde a 3,42%, em sua maioria está associada planície de inundação. A vegetação que se desenvolve é predominantemente de gramíneas do tipo brachiaria, esse predomínio se justifica por causa do avanço da pastagem e a falta de mata ciliar nas margens do canal.

Os corpos d'água ocorrem em 2,65% da área de estudo, localizam-se nas proximidades das nascentes, caracterizadas pela presença de duas lagoas, com destaque para a maior, conhecida popularmente como "lagoa dos bobos" (Figura 5.9).

Avaliação da acurácia

A etapa final do trabalho foi validar a classificação através de coeficientes de concordância (Exatidão Global e Índice Kappa), dentro desse pressuposto Jensen (2005) salienta que avaliar a qualidade das classificações é um procedimento fundamental durante a elaboração de mapas temáticos ou em processos de extração de informações temáticas das imagens de satélite, pois conhecer a acurácia da informação produzida evita interpretações de baixa confiabilidade em relação aos temas abrangidos (FOODY, 2002). O confronto dos pontos amostrais para cada classe mapeada com o mapa elaborado revelou a qualidade “excelente” ao mapeamento segundo Landis e Koch (1977) e Foody (2002), Tabela 2.

Tabela 2 - Validação do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

Nº de amostras	70						
Acertos	64/70						
Exatidão Global	91,43%						
Índice Kappa	0,900						
Classes	Vegetação secundária	Pastagem	Água	Área úmida	Reflorestamento	Solo exposto	Área urbanizada
Vegetação secundária	8	0	0	0	0	0	0
Pastagem	2	10		0	0	1	0
Água	0	0	10	2	0	0	0
Área úmida	0	0	0	8	0	0	0
Reflorestamento	0	0	0	0	10	0	0
Solo exposto	0	0	0	0	0	8	0
Área urbanizada	0	0	0	0	0	1	10

Fonte: elaborado pelos autores.

Embora atualmente os classificadores orientados a objeto tem se destacado em relação aos demais métodos de classificação baseados na abordagem puramente espectral (BLASCHKE, 2010; WHITESIDE et al., 2011), tais resultados demonstram-se como uma alternativa para mapeamentos de pequenas parcelas urbanas e/ou rurais.

Os resultados da validação revelaram que o método de classificação visual combinado com a técnica de segmentação de imagem disponibilizada no software SPRING podem ser considerados satisfatórios para mapeamento de uso e cobertura de terra de bacias hidrográficas em escala de detalhe que envolvem áreas urbanas.

Conclusões

Nessa abordagem metodológica as imagens de alta resolução espacial extraídas do *ArcGIS 10 Online* utilizadas como base na elaboração do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal apresentaram-se de modo satisfatório quando associada a técnica de segmentação e ao método de análise visual de imagens, resultado comprovado através de parâmetros estatísticos clássicos. No entanto, a definição das cenas na escala de 1:10.000 limitou a potencialidades da imagem.

A delimitação prévia das classes com base na segmentação possibilitou maior detalhamento na transição das mesmas, evitando imperfeições normalmente oriundas de técnicas de delimitação visual.

O método de análise visual de imagem apoiado em polígonos previamente definidos por segmentação pelo método de extração de regiões revelou-se como um poderoso instrumento de mapeamento em escala de detalhe, utilizando imagens orbitais de alta resolução espacial.

Essa união de método e técnicas facilitou a análise, interpretação e classificação, uma vez que ocorreu melhor detalhamento e precisão das áreas mapeadas. Entretanto deve-se ressaltar a contribuição para a geração de informações de forma mais rápida, compatibilidade dos resultados gerados com as aferições de campo, originando informações fidedignas.

Referências

ARCGIS/ARCINFO – Esri Inc. **ArcGis Version 10**. Environmental Systems Research Institute Inc. New York. 2012. 1 Cd Rom.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. v. 65, n. 1, p. 2–16, 2010.

BOWDEN, L.W. (editor). **Urban environments: inventory and analysis**, Manual of Remote Sensing, First Edition (L.W. Bowden and E.L. Pruitt, editors), American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia. p. 1815–1880, 1975.

BRASIL, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, Folha SE. 21, Campo Grande, 1982.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395–403, 1996.

CARLEER, A. P.; DEBEIR, O.; WOLFF, E. Assessment of Very High Spatial Resolution Satellite Image Segmentations. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing** v. 71, n. 11, p. 1285–1294, 2005

CLARK, D. B.; C. S. CASTRO, L. D. A. ALVARADO, J. M. READ. Quantifying mortality of tropical rain forest trees using high spatial resolution satellite data, **Ecology Letters**, v. 7, p. 52–59, 2004.

CLEVE, C.; KELLY, M.; KEARNS, F. R.; MORTIZ, M. Classification of the wildland-urban interface: a comparison of pixel- and object-based classifications using high resolution aerial photography. **Computers, Environmental and Urban Systems**, v. 32, p. 317–326, 2008.

Código Florestal Brasileiro. **Lei nº 12.651** de 25 de maio de 2012. Brasília, Diário Oficial da União, 2012.

COIMOR. **Usinas de Preservação**, Disponível em > <http://www.coimor.com.br/index.htm> > Acesso 02, fev, 2014.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**. v. 37, p. 35–46, 1991.

CONGALTON, R.G.; BIGING, G. S. A pilot study evaluating ground reference data collection efforts for use in forest inventory. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Bethesda, v. 58, n.12, p. 1669–1671, 1992.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**. v. 80, n. 1, p. 185–201, 2002.

GLOBAL MAPPER - **Blue Marble Geographics**. Global Mapper 13.2. 2012 Hallowell. 2012.

GROVE, J.M., CADENASSO, M.L., BURCH JR, W.R., PICKETT, S.T.A., SCHWARZ, K.; O'NEIL-DUNNE, J., WILSON, M., Data and methods comparing social structure and vegetation structure of urban neighborhoods in Baltimore, Maryland. **Society & Natural Resources** v.19, n.2. p.117–136, 2006.

HAACK, B. N.; S. C. GUPTILL, R. K.; HOLZ, S. M.; JAMPOLER, J. R.; JENSEN, R. A. WELCH, **Urban analysis and planning**, Manual of Photographic Interpretation, Second Edition (W.R. Philipson, editor), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland. p. 517–554, 1997.

IBGE. **Manual técnico de Uso da Terra**. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, p. 526, 2005

JENSEN, J. R., D. C. COWEN, Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes, **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65 n.5, p.611–622. 1999.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da 2ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coordenador); Antonio R. Formaggio; Athos R. Santos; Bernardo F. T. Rudorff; Cláudia M. Almeida; Lenio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese. 2009. 672p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159–174, 1977.

Geografia Ensino & Pesquisa, v. 19, n. 2, p. 65-74, maio/ago. 2015.

Cunha, E. R. da; Bacani, V. M.; Sakamoto, A. Y.

LANDRY, S.M., PU, R., The impact of land development regulation on residential tree cover: an empirical evaluation using high-resolution IKONOS imagery. **Landscape Urban Planning**, v. 94, n. 2, p. 94–104, 2010.

LIMA, W. P. Função da mata ciliar. In: **Anais... SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR**, 1., Campinas. Anais.. Campinas: Fundação Cargil, p. 25-42, 1989.

KAGEYAMA, P. Y. Estudo para implantação de matas de galeria na bacia hidrográfica do Passa Cindo visando a utilização para abastecimento público. **Relatório de Pesquisa**, Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1986.236.

MAEDER, J.; S. NARUMALANI, D. C.; RUNDQUIST, R. L.; PERK, J.; SCHALLES, K. HUTCHINS,.; J. KECK. Classifying and mapping general coral-reef structure using Ikonos data, **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 68, n.12. p.1297–1305, 2002.

MANGABEIRA, J. A. C.; AZEVEDO, E. C.; LAMPARELLI, R. A. C. **Avaliação do levantamento do uso das terras por imagens de satélite de alta e média resolução espacial**. Comunicado técnico 11. Campinas: Embrapa, 2003.15p.

MATHIEU, R.; ARYAL, J.; CHONG, A. K. Object-based classification of IKONOS Imagery for mapping large-scale vegetation communities in urban areas. **Sensors**, v. 7, p. 2860–2880, 2007

MCKEOWN, D. M. Building knowledge-based systems for detecting man-made structures from remotely-sensed imagery, **Philosophical Transactions of the Royal Society London**, Series A,324.. p. 423–435, 1988.

MEINEL, G.; NEUBERT, M. A Comparison of segmentation programs for high resolution remote sensing data. **Int Arch Photogram Rem Sens Spatial Inform Sci XXXV-B4**, 2004. p. 1097-1102. <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/papers/506.pdf>. Acesso 10 março, 2014

MIURA, H.; MIDORIKAWA S. Updating GIS building inventory data using high-resolution satellite images for earthquake damage assessment: Application to metro Manila, Philippines, **Earth quake Spectra**, v. 22. p.151–168, 2006.

NEGRI, R. G.; SILVA, M. F. S. Um novo método de segmentação de imagem com abordagem baseada em bordas e regiões. **Revista Brasileira de Cartografia** n. 65/3. p.441-453. 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PU, R.; LANDRY, S., YU, Q, Object-based urban detailed land cover classification with high spatial resolution IKONOS imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v 32 (12), p.3285–3308, 2011.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. CAMARA G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO J. **Computers & Graphics**, v 20: (3). p. 395-403, 1996.

VALERIANO, M. de M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais** - São José dos Campos: INPE, 2008.

WHITESIDE, T. G.; BOGGS, G. S., MAIER, S. W. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 13, n. 6, p. 884–893, 2011.

YU, Q; GONG, P; CLINTON, N; BIGING, G; KELLY, M.; SCHIROKAUER, D;. Object based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** v. 72 (7), p.799–811, 2006.

ZHOU, W.Q; TROY, A; GROVE, J.M. Object-based land cover classification and change analysis in the Baltimore metropolitan area using multitemporal high resolution remote sensing data. **Sensors**, 8 (3), p.1613–1636, 2008.

Correspondência

Elias Rodrigues da Cunha

E-mail: eliasrodriguesdacunha@hotmail.com

Recebido em 24 de julho de 2014.

Revisado pelo autor em 05 de agosto de 2015.

Aceito para publicação em 25 de agosto de 2015.