

Revista Brasileira de Cartografia (2012) N<sup>o</sup> 64/4: 443-449  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## SEGMENTAÇÃO MULTIRESOLUÇÃO DE IMAGENS FUSIONADAS

*Segmentation Multiresolution of the Images Fusion*

**João Batista Tavares Júnior<sup>1, 2</sup> & Jorge Antonio Silva Centeno<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná - UFPR**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas**  
joatavaresjunior@yahoo.com.br  
centeno@ufpr.br

**<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul  
de Minas Gerais – Campus Inconfidentes**  
**Setor de Agrimensura e Cartografia**  
Praça Tiradentes, 416, Inconfidentes (MG); Brasil

*Recebido em 14 de Agosto, 2011/ Aceito em 23 de Dezembro, 2011*  
*Received on August 14, 2011/ Accepted on December 23, 2011*

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar quais os benefícios que a fusão de imagens proporciona para o processo de delineamento de segmentos utilizando o método de segmentação multiresolução. Para realizar o trabalho, efetuou-se a fusão das imagens azul, verde, vermelho e pancromático, adquiridas pelo sistema QuickBird, e executou a segmentação de quatro grupos de imagens onde o primeiro grupo é composto pela imagem pancromática; o segundo pelas imagens azul, verde e vermelho; o terceiro grupo pelas imagens azul, verde, vermelho e pancromática e o quarto grupo pela imagem resultante da fusão das imagens contidas no terceiro grupo. Os resultados mostraram que, ao contrário do que ocorre para a cognição humana, a fusão de imagens não proporciona benefícios para a segmentação multiresolução, recomendando-se que não a utilize no processo de segmentação quando utilizar a técnica de segmentação multiresolução.

**Palavras-chave:** Fusão de imagens; segmentação; RGB-IHS, QuickBird, multiresolução.

### ABSTRACT

This study aimed to assess what benefits the image fusion process provides for the delineation of segments using multiresolution segmentation method. To perform the work, it was made to merge the images blue, green, red and panchromatic, acquired by the QuickBird system, and performed the segmentation of four groups of images where the first group is composed of the panchromatic image and the second by the images blue, green and red, the third group the images blue, green, red and panchromatic image and the fourth group of the merged images in the third group. The results showed that, contrary to what happens to human cognition, the fusion of images does not provide benefits for multiresolution segmentation, it is recommended not to use the segmentation process when using the multiresolution segmentation technique.

**Keywords:** Image fusion; segmentation; RGB-IHS; QuickBird; multiresolution.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao analisar uma imagem o cérebro humano busca identificar e separar os objetos contidos na cena e posteriormente compara os padrões identificados com os padrões pré-definidos na mente (DEFINIENS IMAGING, 2001). Em busca de um processo similar ao realizado pelo cérebro humano para separar os objetos contidos em uma imagem, foram desenvolvidos algoritmos capazes de segmentar a imagem possibilitando a identificação e distinção entre dois ou mais objetos. A importância de tal processo deve-se ao fato de que ao detectar uma borda e/ou segmento torna-se possível localizar todos os objetos em uma imagem definindo assim propriedades como área, perímetro e forma (GONZALEZ, 1992).

No processo de segmentação procura-se distinguir as partículas umas das outras e do fundo. Esta distinção permitirá ao programa interpretar pixels contíguos e agrupá-los em regiões. Não existe um modelo formal para a segmentação, o processo é essencialmente empírico e deve-se ajustar a diferentes tipos de imagem (GONZALEZ, 1992). A segmentação é tão complexa porque tenta traduzir para o computador um processo cognitivo extremamente sofisticado realizado através da visão humana.

Com a melhoria da resolução espacial das imagens obtidas por sensores orbitais, tornou-se possível obter mais informações sobre a superfície da Terra, dificultando a aplicação de técnicas desenvolvidas baseadas em características do pixel, imagens de baixa resolução espacial, como unidade primitiva de informação (BLÄSCHKE e STROBL, 2001).

Em uma imagem de baixa resolução espacial a radiação refletida por vários objetos pode ser armazenada em um único pixel, em uma imagem de alta resolução espacial as informações de um único objeto são armazenadas em vários pixels, assim, em imagens de alta resolução espacial um pixel possui alta correlação com seus vizinhos mais próximos, sendo mais puro em termos de mistura espectral (MACHADO e CAETANO, 2002).

Para melhor explorar as informações registradas nas imagens de alta resolução espacial, foi desenvolvida uma técnica de segmentação, a qual efetua o agrupamento de pixels com características espectrais semelhantes, analisa o tamanho do objeto, a homogeneidade espectral, homogeneidade

espacial e a forma do objeto (ZHONG *et al.*, 2005; CHUBEY *et al.*, 2006).

O processo de segmentação de imagem permite melhor explorar as informações contidas nas imagens, informações as quais estão associadas à resolução radiométrica, espacial e espectral sendo este método denominado segmentação multiresolução.

A fim de facilitar o processo cognitivo humano ao analisar imagens multiespectrais, na década de 1980 foi desenvolvida uma técnica denominada fusão de imagens. Esta técnica busca melhorar a resolução espacial aparente das imagens multiespectrais por meio da combinação de dados contidos em uma imagem com melhor resolução espacial, mas com baixa resolução espectral, mantendo a informação espectral da multiespectral e incluindo a informação espacial derivada da imagem de melhor resolução espacial (CENTENO, 2004).

Para a cognição humana, a imagem resultante da fusão de imagens traz melhoras significativas à interpretação das informações contidas nas imagens facilitando ao cérebro a realizar o agrupamento das informações e no delineamento das fronteiras dos objetos. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar quais os benefícios que a fusão de imagens proporciona para o delineamento dos segmentos utilizando o método de segmentação multiresolução.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Materiais utilizados

Para realizar este estudo, utilizou-se uma imagem da banda do Azul, Verde, Vermelho e Pancromática adquiridas pelo sistema QuickBird. Estas imagens cobrem a área do Jardim Botânico situado na cidade de Curitiba, do estado do Paraná, Brasil.

A imagem Pancromática (Pan) possui melhor resolução espacial do que as demais, com 60 centímetros de resolução espacial contra 2,8 metros das cenas multiespectral. Na Tabela 1 são apresentadas as faixas espectrais de cada uma das imagens utilizadas e sua respectiva resolução espacial.

### 2.2 Fusão de imagens

A fusão de imagens foi realizada pelo método de transformação RGB – IHS. Para aplicar este

Tabela 1 – Característica espectral e espacial das imagens obtidas pelo sistema Quickbird.

Imagem	Faixa espectral (nm)	Resolução espacial (m)
Azul	450 – 520	2,4
Verde	520 – 600	2,4
Vermelho	630 – 690	2,4
Pan	450 – 900	0,6

FONTE: Digitalglobe (2009).

método é necessário que as imagens estejam registradas de maneira que os pixels de todas as imagens correspondam aos mesmos pontos no terreno evitando que ocorram aberrações na cor da imagem resultante (CENTENO, 2004).

Após o registro das imagens, o próximo passo consiste na transformação das imagens multiespectrais (Azul, Verde e Vermelho) de RGB para IHS. Realizada a transformação, o próximo passo consiste em realizar o processo inverso, ou seja, transformar de IHS para RGB. Na transformação de IHS para RGB a banda de intensidade (I) é substituída pela banda Pancromática, conforme pode ser observado na Figura 1, realizando assim a fusão de imagens.

Cabe ressaltar que ao fazer a substituição da banda de intensidade pela banda pancromática deve-se ater atenção no ajuste do histograma da imagem pancromática fazendo com que ele fique parecido ao histograma da imagem de intensidade, evitando que as características da imagem sejam alteradas.

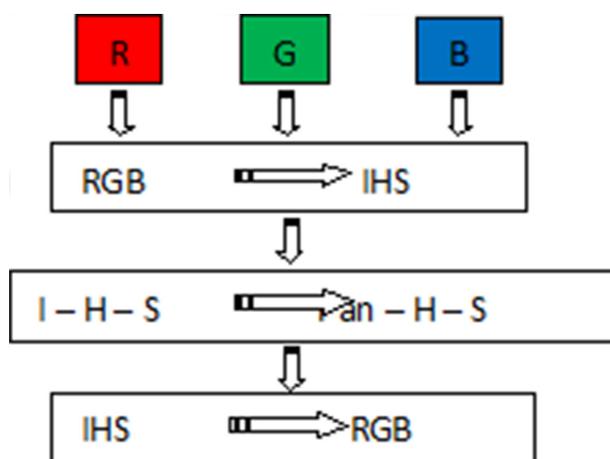


Fig. 1 - Passos para realizar a fusão de imagens pelo método da transformação RGB – IHS.

### 2.3 Segmentação multiresolução das imagens

O software eCognition foi utilizado para efetuar a segmentação multiresolução das imagens fusionadas. Neste software, foi possível definir o parâmetro de escala, tonalidade, forma e compacidade, parâmetros os quais influenciam a homogeneidade dos segmentos.

O parâmetro de escala define a heterogeneidade dos pixels determinando o tamanho dos objetos. A tonalidade equilibra a homogeneidade das cores dos segmentos com a homogeneidade da figura. O parâmetro de forma promove o equilíbrio da suavidade da borda de um segmento. E a compacidade estabiliza os critérios de homogeneidade dos objetos (WHITESIDE e AHMAD, 2005).

A segmentação multiresolução foi aplicada em quatro conjuntos de imagens adotando dois parâmetros de escala (*Scale Parameter*), um de 50 e outro de 80. Os demais parâmetros foram mantidos fixos para ambos os casos, sendo: o fator de forma (*Shape Factor*) de 0,1, a compacidade (*Compactness*) de 0,5 e a suavidade (*Smoothnes*) de 0,5.

A Tabela 2 apresenta os conjuntos de combinações de imagens submetidas ao processo de segmentação multiresolução.

### 2.4 Avaliação dos resultados

Para avaliar os resultados obtidos, realizou-se uma análise qualitativa, observando as informações geradas pelo processo de fusão de imagens e dos segmentos resultantes da segmentação multiresolução das quatro conjuntos de imagens apresentados na Tabela 2.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra uma imagem colorida resultante da combinação das imagens multiespectrais de 2,8 metros de resolução espacial, com a seguinte composição: R – Vermelho; G – Verde e B – Azul. Note que alguns objetos contidos na imagem podem ser facilmente identificados pela sua cor, porém, seus limites não são bem definidos. Fig. 2 - Área de estudo – composição: R – Vermelho; G – Verde e B – Azul - Resolução espacial de 2,8 metros.

A Figura 3 mostra a imagem Pancromática, na qual se constata que, ao contrário do que foi observado nas imagens multiespectrais, as bordas

Tabela 2 – Composição dos conjuntos de imagens utilizados na segmentação multiresolução.

Conjunto	Imagens (Bandas) utilizadas				
	Azul	Verde	Vermelho	Pan	Fusão
I				X	
II	X	X	X		
III	X	X	X	X	
IV					X



Fig. 2 - Área de estudo – composição: R – Vermelho; G – Verde e B – Azul - Resolução espacial de 2,8 metros.



Fig. 3 - Área de estudo – Imagem Pancromática – Resolução espacial 60 centímetros.

dos objetos são melhores definidas, mas por outro lado há maior dificuldade em definir a que conjunto um dado pixel pertence.

A imagem resultante da fusão de imagens pode ser visualizada na Figura 4a. Note que nesta imagem a borda dos objetos foi melhor definida e que a identificação dos objetos pelo processo cognitivo humano é mais fácil de ser realizado do que na imagem apresentada nas Figuras 2 e 3.

Na Figura 4b perceber-se que as bordas dos objetos possuem aparência serrilhada sendo possível visualizar nitidamente seus pixels.

A descaracterização da borda deve-se ao valor digital atribuído a cada pixel ser resultante de um valor médio da porção da radiação eletromagnética refletida pela área coberta pelo pixel. Neste caso, o objeto que tiver maior porção de sua área representada no pixel detêm a tem “predominância” sobre o valor a ser atribuído para representar a área.

Já na Figura 4c observou-se que devido ao fato do pixel cobrir uma menor porção da superfície, houve menor mistura espectral e conseqüentemente as bordas dos objetos foram melhores definidas, ou seja, ficaram mais suaves.

Na Figura 4d os detalhes dos objetos foram melhores identificados do que na Figura 4b, mas percebeu-se que algumas bordas não foram bem definidas quanto o foram na Figura 4c como pôde ser examinado nas bordas que definem a quadra de esporte. Isto ocorreu devido ao fato do processo de fusão manter as informações espectrais das imagens e incluir, na medida do possível, a informação espacial derivada da imagem com melhor resolução espacial.

Analisando a forma das bordas dos objetos contidos na Figura 4b e 4c, pôde-se prever que os segmentos resultantes do processo de segmentação destas imagens terão posições distintas, sendo que o segmento resultante da segmentação da figura 4c será melhor ajustados à posição “real” da borda do objeto. Já na Figura 4d nota que ao segmentar a imagem, alguns segmentos irão ter posições distintas da borda original dos objetos devido ao fato de que em algumas regiões o processo de fusão de imagens não incluiu informações espaciais o suficiente para definir os detalhes das bordas, surgindo regiões com a aparência da imagem multiespectral.

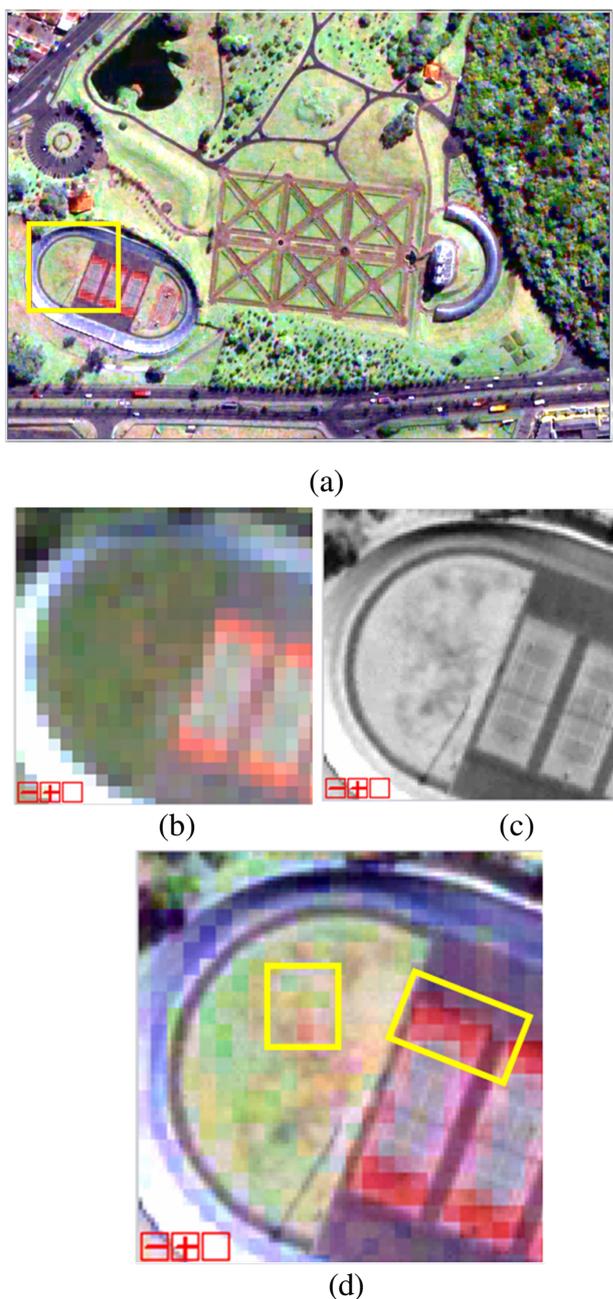


Fig. 4 - (a) Imagem resultante do processo de fusão de imagens. (b) Detalhe da imagem multiespectral. (c) Detalhe da imagem pancromática. (d) Detalhe da imagem fusionada.

A Figura 5 mostra os segmentos resultantes da segmentação multiresolução aplicando um fator de escala igual a 50. A Figura 5a mostra os segmentos resultantes da segmentação do grupo I de imagens, a Figura 5b os resultados da segmentação do grupo II, a 5c do grupo III e a 5d do grupo IV. Comparando as figuras constatou-se que os segmentos resultantes da segmentação do grupo I distinguem mais detalhes do que os demais grupos.

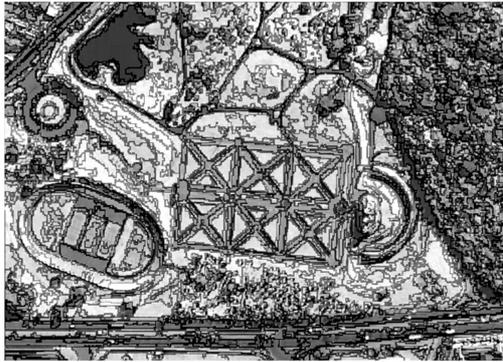
Pelos resultados pôde-se constatar que os segmentos da imagem pancromática foram os que melhor representaram a posição original das bordas dos objetos. Note na Figura 5a (grupo I) que os segmentos das bordas da quadra formaram uma figura esquadrejada ao contrário do que se pode constatar na figura 5b (grupo II) onde as bordas da quadra deram a expressão de um quadrado, mas com bordas serrilhadas.

O grupo III de imagens resulta da soma do grupo de imagens I e II. Apesar da segmentação do grupo I de imagem apresentar maior número de detalhes quando comparado com os resultados advindos da segmentação do grupo II, percebeu-se que existem poucas diferenças entre os segmentos do grupo II e III o que indicou que a inclusão da imagem pancromática no processo de segmentação foi pouco relevante, predominando as características das imagens multiespectrais.

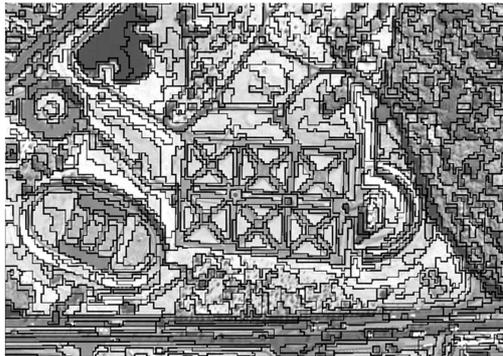
Na figura 5d pôde-se observar que os segmentos resultantes da segmentação das imagens do grupo IV, ou seja, a segmentação das imagens fusionadas, não representaram todos os objetos contidos na imagem além de agrupar objetos distintos formando um único objeto. Este resultado mostrou que, ao contrário da cognição humana, a fusão de imagens não trouxe benefícios na identificação automática de objetos nas imagens, independente da escala utilizada, pois o processo automatizado emprega lógicas matemáticas em suas tomadas de decisões, enquanto o processo cognitivo considera outros parâmetros.

A Figura 6 mostra os segmentos resultantes da segmentação multiresolução aplicando um fator de escala igual a 80. A Figura 6a mostra os segmentos resultantes da segmentação do primeiro grupo de imagens, a Figura 6b os resultados da segmentação do segundo grupo de imagens, a 6c a segmentação do terceiro grupo de imagens e a 6d do quarto grupo.

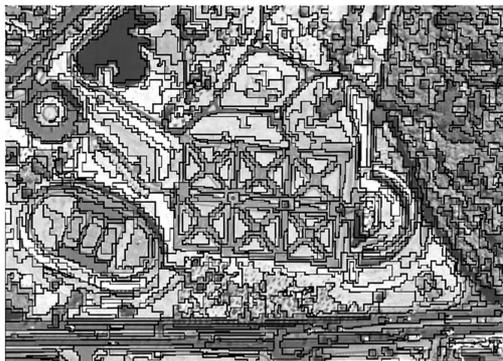
Analisando os resultados aqui obtidos e os comparando com os resultados obtidos utilizando o fator de escala igual a 50, constata-se que apesar dos ruídos terem sido atenuados, as demais relações anteriormente discutidas prevalecem, conduzindo à confirmação de que a fusão de imagens não traz benefícios para o processo de extração de segmentos utilizando algoritmos computacionais.



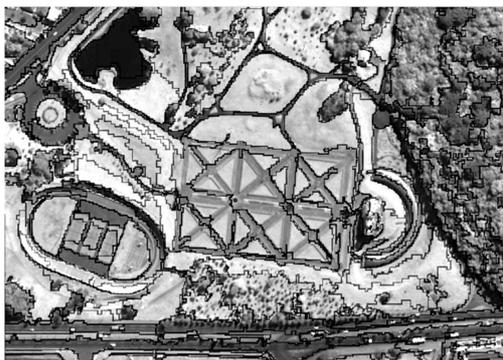
(a) Pan\_50



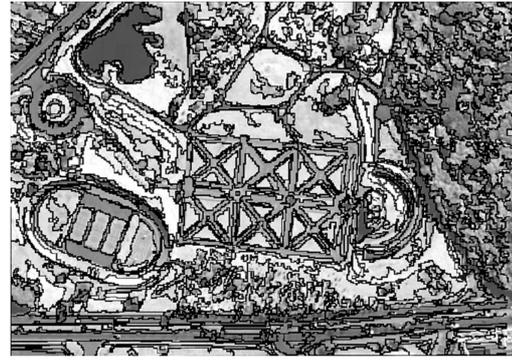
(b) Mult\_50



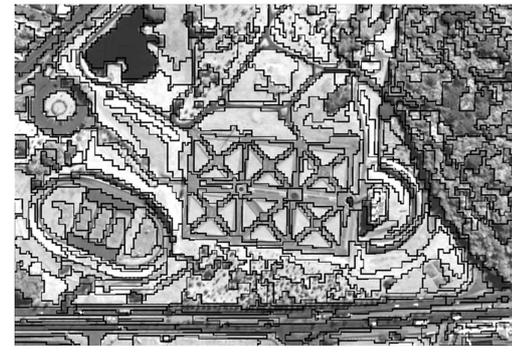
(c) Mult\_Pan\_50



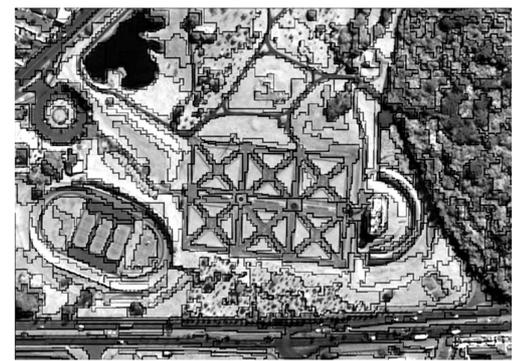
(d) H\_S\_Pan\_50



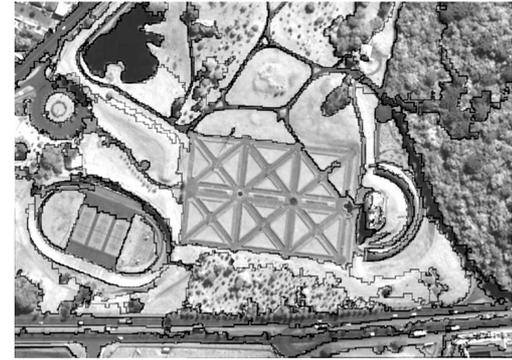
(a) Pan\_80



(b) Mult\_80



(c) Mult\_Pan\_80



(d) H\_S\_Pan\_80

Fig. 5 - As figuras mostram os resultados da segmentação com um fator de escala 50. (a) Segmentação do grupo I de imagens. (b) Segmentação do grupo II de imagens. (c) Segmentação do grupo III de imagens. (d) Segmentação do grupo IV de imagens.

Fig. 6 - As figuras mostram os resultados da segmentação com um fator de escala 80. (a) Segmentação do grupo I de imagens. (b) Segmentação do grupo II de imagens. (c) Segmentação do grupo III de imagens. (d) Segmentação do grupo IV de imagens.

#### 4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que a segmentação resultante da imagem pancromática representa melhor os detalhes dos objetos contidos na imagem. Os resultados também mostraram que apesar da segmentação da imagem pancromática ser melhor, ao realizar a segmentação das imagens multiespectrais com ela adicionada ao grupo, suas informações não trazem benefícios ao processo de segmentação, predominando as informações contidas nas imagens multiespectrais.

Ao contrário do que ocorre com a cognição humana, a fusão de imagens não traz benefícios para o processo de segmentação multiresolução, sendo os segmentos resultantes da segmentação das imagens fusionada com qualidade inferior aos adquiridos pela segmentação das demais imagens, mostrando que as informações contidas na imagem resultante do processo de fusão de imagens são traduzidas de forma distinta entre a cognição humana e pelo método de segmentação multiresolução. Portanto, não é recomendado a utilização de imagens fusionadas para obter segmentos dos objetos da superfície utilizando a técnica de segmentação multiresolução.

#### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) por oferecer condições para a realização do presente trabalho; Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. E.R. agradece apoio financeiro do CNPq; e ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campos Inconfidentes, por fornecer condições para realizar o presente trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLÄSCHKE, T. e STROBL, J. **What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS**. 2001. Disponível em: <[http://www.sysdecoitalia.com/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=56](http://www.sysdecoitalia.com/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=56)>. Acesso em julho de 2009.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004. 219p.

CHUBEY, M. S.; FRANKLIN, S. E.; WULDER, M. A. Object-based analysis of Ikonos-2 imagery

for extraction of forest inventory parameters. In: **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Vol. 72, No. 4, April 2006, pp. 383-394.

DEFINIENS IMAGING, ecognition, User's Guide. 2001 Disponível em <[http://www.rstc.msstate.edu/wfd/ecog/User\\_Guide/index](http://www.rstc.msstate.edu/wfd/ecog/User_Guide/index)>. Acessado em julho de 2009.

Digital Globe. **QuickBird imaging satellite**. <[http://www.digitalglobe.com/file.php/515/QuickBird\\_Datasheet\\_web.pdf](http://www.digitalglobe.com/file.php/515/QuickBird_Datasheet_web.pdf)> Acessado em julho de 2009.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Ed. Edgard Blücher LTDA, 1992.

MACHADO, F. & CAETANO, M. Detecção de alterações de ocupação do solo com uma abordagem orientada por objetos. Detection Techniques. In: **Proceedings of the 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment**, 8-12 April, Buenos Aires, Argentina, 2002.

WHITESIDE, T.; AHMAD, W. A comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for mapping land cover in Northern Australia. In: **The national biennial Conference of the Spatial Sciences Institute**, September 2005. ISBN 0-9581366-2-9

ZHONG, C.; ZHONGMIN, Z.; DONGMEI, Y.; RENXI, C. **Multi-scale segmentation of the high resolution remote sensing image**. 2005. <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10226/32599/01526648.pdf?arnumber=1526648>>. Acessado em julho de 2009.