

# Ajuste de parâmetros no algoritmo de segmentação de imagens do software eCognition®

Giovana Mira de Espindola  
Gilberto Câmara

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{giovana, gilberto}@dpi.inpe.br

**Abstract.** Methods of image segmentation are important for remote sensing image analysis. Image segmentation tries to divide an image into spatially continuous, disjunctive and homogenous regions. Among the image segmentation techniques in the literature, region-growing techniques are being widely used for remote sensing applications, because they guarantee creating closed regions. Since most region-growing segmentation algorithms for remote sensing imagery need user-supplied parameters, one of the challenges for using these algorithms is selecting suitable parameters to ensure best quality results. This scientific research addresses this problem, testing into the eCognition® software a proposed Objective Function to select the best parameter settings of segmentation results.

**Palavras-chave:** image segmentation, region-growing techniques, spatial autocorrelation.

## 1. Introdução

Grande parte dos algoritmos de segmentação por crescimento de regiões requer de seus usuários a escolha de parâmetros que definam os limiares da segmentação. O algoritmo do software SPRING, por exemplo, requer que sejam definidos limiares de área e de similaridade. Por sua vez, o algoritmo do eCognition® requer que sejam definidos quatro parâmetros: fator de escala, pesos para cada uma das bandas espectrais, peso para cor e peso para compacidade. Para os usuários destes algoritmos, um dos desafios consiste em selecionar os parâmetros que resultem nos melhores resultados da segmentação.

Neste contexto, surge a seguinte questão: *o que é uma boa segmentação de imagem?* Segundo Haralick e Shapiro (1985), as regiões de uma segmentação devem ser uniformes e homogêneas com respeito a alguma característica (níveis de cinza, por exemplo). Regiões adjacentes precisam ter valores significativamente distintos em relação à característica nas quais elas são homogêneas. Por fim, as bordas das regiões precisam ser simples, ou seja, únicas e contínuas.

Baseado nas condições sugeridas por Haralick e Shapiro (1985), definem-se algumas medidas de qualidade que visam orientar a escolha de parâmetros em algoritmos de segmentação por crescimento de regiões (Espindola et al., 2005, 2006). Nesta linha, Zhang (1996) destaca que, apesar de a literatura apresentar inúmeras técnicas de segmentação, poucos são os métodos de avaliação desenvolvidos para julgar a qualidade da segmentação. Alguns métodos têm sido propostos para avaliar e comparar o desempenho de algoritmos de segmentação, entre os quais se destacam os apresentados por Oliveira et al. (2003), Kartikeyan et al. (1998), Lucca (1998), Beauchemin e Thomson (1997), Jiang e Toriwaki (1993) e Levine e Nazif (1985).

Apesar da crescente ênfase destinada à questão da avaliação dos resultados da segmentação, os trabalhos existentes baseiam-se unicamente na definição de medidas estatísticas não-espaciais. Todos os métodos apresentados até o momento não consideram o arranjo espacial dos segmentos na definição de seus índices de qualidade. Além disso, os métodos de avaliação propostos por Oliveira et al. (2003), Lucca (1998), Beauchemin e

Thomson (1997) e Zhang (1996), apesar de serem objetivos e eficientes, apresentam o inconveniente de necessitarem de uma imagem de referência.

## 2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo testar no software eCognition® o método de ajuste de parâmetros para algoritmos de segmentação de imagens por crescimento de regiões proposto por Espindola et al. (2005, 2006).

## 3. Algoritmo de Segmentação de Imagens do Software eCognition®

O e-Cognition® (Baatz et al., 2004) é um software comercial que implementa um sistema de interpretação de imagens baseado em segmentações e redes hierárquicas. O objetivo é usar o conhecimento do usuário para rotular redes hierárquicas obtidas por uma segmentação multinível. Numa descrição simplificada, este tipo de sistema é apresentado como “sistema baseado em conhecimento”.

O algoritmo de segmentação do software e-Cognition® aplica a abordagem de crescimento de regiões, onde o critério de similaridade é construído a partir do conceito de heterogeneidade interna das regiões. A heterogeneidade resulta da diferença entre o atributo de uma região e a soma dos valores deste mesmo atributo para as duas sub-regiões que serão agrupadas caso o critério seja satisfeito. Assim, são calculados os coeficientes de heterogeneidade para os atributos de cor e forma. A soma ponderada destes dois coeficientes forma o critério de similaridade  $f$  expresso pela **Equação 1**, onde  $w_{cor}$  é o peso do atributo cor,  $h_{cor}$  é o coeficiente de heterogeneidade do atributo cor e  $h_{forma}$  é o coeficiente de heterogeneidade do atributo forma (Baatz et al., 2004; Baatz et al., 2000).

$$f = w_{cor} \cdot h_{cor} + (1 - w_{cor}) \cdot h_{forma} \quad (\text{Equação 1})$$

Após o cálculo de  $f$ , o valor de similaridade é comparado com o valor de escala fornecido pelo usuário. Se o valor de escala for menor que o quadrado do limiar de similaridade, os dois subobjetos analisados serão agrupados. Assim, no processo de segmentação do software e-Cognition®, o usuário precisa definir quatro parâmetros: fator de escala, peso para cada uma das bandas espectrais, peso para cor e peso para compacidade (Baatz et al., 2004; Baatz et al., 2000).

## 4. Resultados

O ajuste de parâmetros nos algoritmos de segmentação de imagens por crescimento de regiões deve levar em consideração a obtenção de regiões internamente homogêneas e regiões adjacentes significativamente distintas em relação à característica nas quais elas são homogêneas. Estas mesmas condições são válidas para os resultados do algoritmo de segmentação de imagens do software e-Cognition®.

A imagem utilizada nesta seção corresponde a um recorte de 100x100 pixels de uma cena do sensor Landsat-7/ETM+, banda espectral 3 ( $0,63\mu\text{m} - 0,69\mu\text{m}$ ), resolução espacial de 30 metros, órbita 220/74, de 14 de agosto de 2001.

Nesta seção são analisados os resultados obtidos na segmentação da imagem Landsat-7/ETM+, considerando variações nos limiares de forma no intervalo  $[0;0,10;0,20;\dots;0,90]$  e de escala no intervalo  $[4,8,12,\dots,40]$ . Para efeito dessas análises, o peso para compacidade permaneceu constante, com valor igual a 0,50.

Devido ao extenso âmbito de variação dos limiares de forma e escala, possibilitando uma infinidade de combinações, e devido a limitações na automatização do processo de segmentação, este experimento analisa 100 resultados amostrais da segmentação, desconsiderando para efeito das análises os possíveis resultados intermediários.

As **Figuras 1 e 2** mostram, respectivamente, a variação do Índice de Homogeneidade Interna (IHI) e do Índice de Separabilidade entre Segmentos Vizinhos (ISSV) propostos por Espindola et al. (2005, 2006). De maneira geral, a variação do IHI é favorável à variação dos limiares de forma e escala, ou seja, baixos valores destes limiares geram resultados que apresentam segmentos internamente homogêneos, com baixos valores de variância média, que são traduzidos por baixos valores de IHI. A variação do ISSV é contrária à variação dos limiares de forma e escala, ou seja, altos valores destes limiares geram resultados que apresentam segmentos adjacentes distintos, pouco correlacionados, que são traduzidos por baixos valores de ISSV.

O gráfico da **Figura 3** mostra que a variação dos valores da Função Objetivo (FO), proposta por Espindola et al. (2005, 2006), é independente da variação dos valores dos limiares de forma e escala. No entanto, nota-se a existência de máximos e mínimos locais que indicam as variações nos resultados da segmentação. Dado um valor constante para o limiar de forma igual a 0,50, o gráfico da **Figura 4** mostra a variação da FO, considerando o limiar de escala variando no intervalo [4,8,12,...,40]. Tal gráfico mostra a existência de máximos locais. O resultado obtido com limiar de forma e escala igual a 0,50 e 36, respectivamente, apresenta um total de 37 segmentos, com valor da FO igual a 1,482, no entanto, nota-se a existência de máximos locais que indicam as variações nos resultados da segmentação.

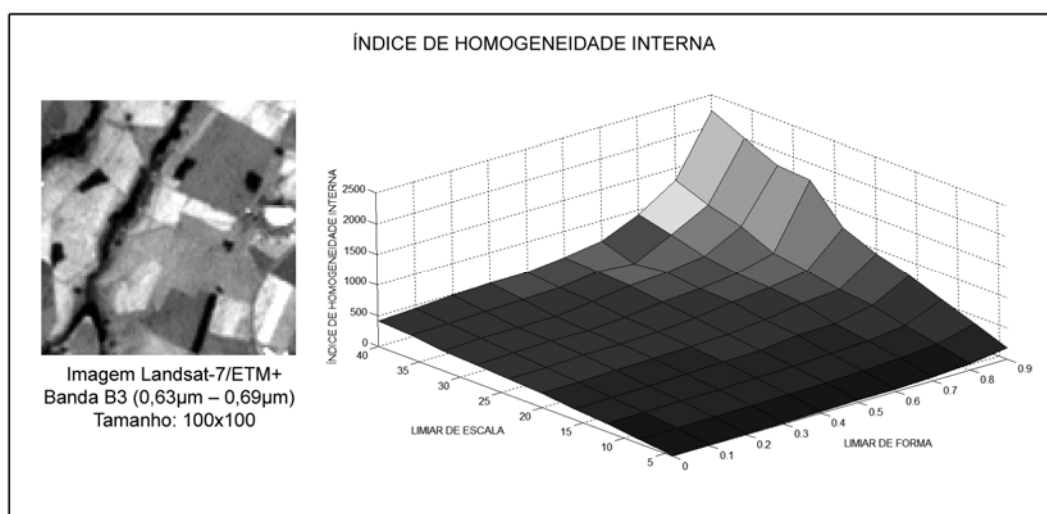


Figura 1 - Gráfico do IHI para a imagem Landsat-7/ETM+.

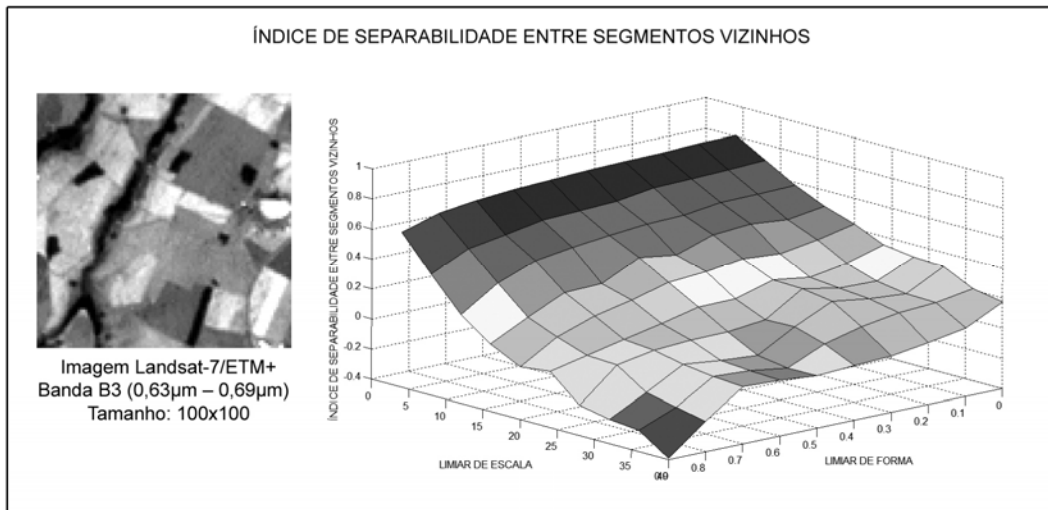


Figura 2 - Gráfico do ISSV para a imagem Landsat-7/ETM+.

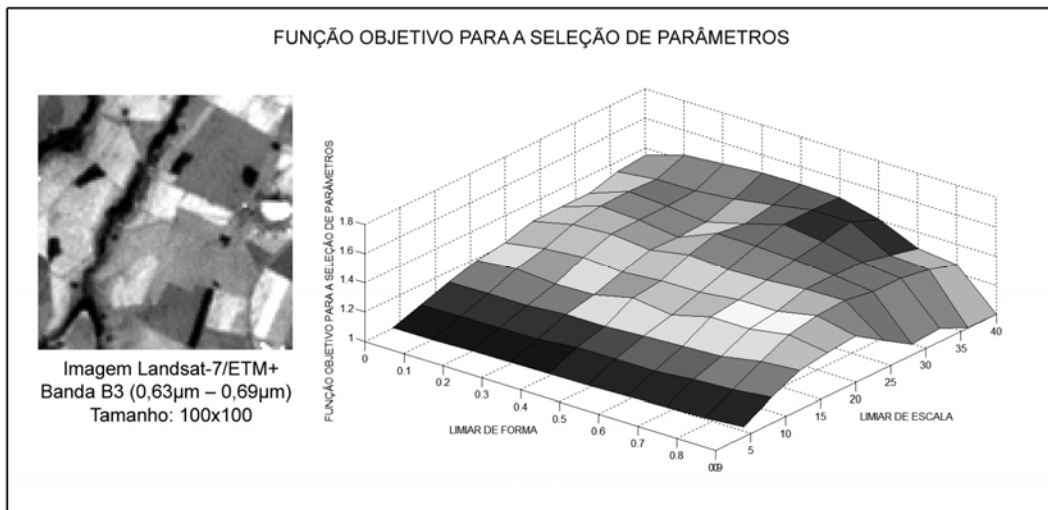


Figura 3 - Gráfico da FO para a imagem Landsat-7/ETM+.

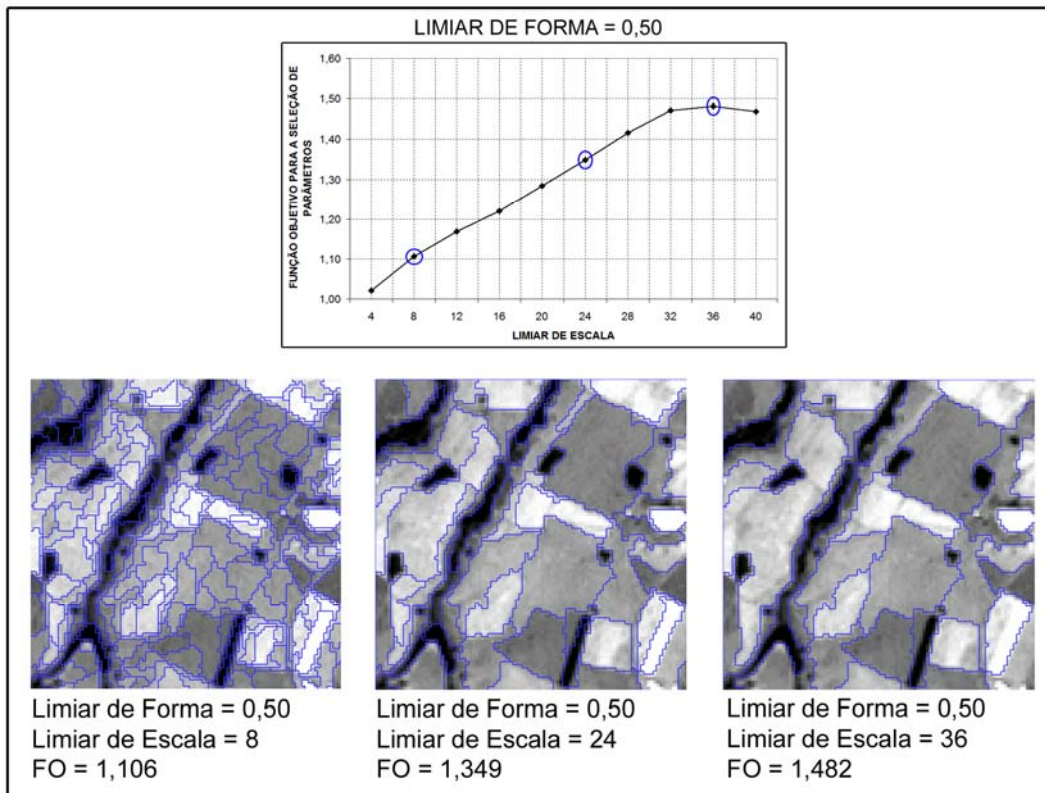


Figura 4 - Resultados da FO para limiar de forma igual a 0,50.

## 5. Conclusões

Este trabalho teve como principal propósito testar no software eCognition® o método de ajuste de parâmetros para algoritmos de segmentação de imagens por crescimento de regiões proposto por Espindola et al. (2005, 2006). Os resultados obtidos no software e-Cognition® sugerem que o método de ajuste de parâmetros pode ser estendido aos demais algoritmos de segmentação de imagens por crescimento de regiões. Contudo, como os experimentos foram realizados a partir de dados amostrais que não consideram todas as possíveis combinações entre os limiares de forma e escala, ressalta-se que variações nos intervalos considerados podem retornar resultados distintos.

## Referências

Baatz, M.; Benz, U.; Dehghani, S.; Heynen, M.; Hölthje, A.; Hofmann, P.; Lingenfelder, I.; Mimler, M.; Sohlbach, M.; Weber, M.; Willhauck, G. **e-Cognition Professional User Guide 4**. München, Germany: Definiens Imaging GmbH, 2004. 486 p.

Baatz, M.; Schape, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: XII Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, 2000, Wichmann-Verlag, Heidelberg.

Beauchemin, M.; Thomson, K. P. B. The evaluation of segmentation results and the overlapping area matrix. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 18, p. 3895-3899, 1997.

Espindola, G. M.; Câmara, G.; Reis, I. A.; Bins, L. S.; Monteiro, A. M. Spatial autocorrelation indicators for evaluation of remote sensing image segmentation Algorithms. In: GIS and Spatial Analysis - 2005 Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology, 2005, Toronto, Canada.

\_\_\_\_. Parameter selection for region-growing image segmentation algorithms using spatial autocorrelation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 14/20, p. 3035-3040, 2006.

Haralick, R. M.; Shapiro, L. G. Survey - Image segmentation techniques. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing**, v. 29, p. 100-132, 1985.

Jiang, H.; Toriwaki, J. Comparative performance evaluation of segmentation methods based on region growing and division. **Systems and Computers in Japan**, v. 24, n. 13, p. 28-42, 1993.

Kartikayan, B.; Sarkar, A.; Majumder, K. L. A segmentation approach to classification of remote sensing imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 9, p. 1695 - 1709, 1998.

Levine, M. D.; Nazif, A. M. Dynamic measurement of computer generated image segmentation. **IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 7, n. 2, p. 155, 1985.

Lucca, E. V. D. **Avaliação e comparação de algoritmos de segmentação de imagens de radar abertura sintética**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

Oliveira, J. C.; Formaggio, A. R.; Epiphanyo, C. N. Index for the evaluation of segmentation (IAVAS): an application to agriculture. **Mapping Science and Remote Sensing**, v. 40, n. 3, p. 155-169, 2003.

Zhang, Y. J. A survey on evaluation methods for image segmentation. **Pattern Recognition**, v. 29, n. 8, p. 1335-1346, 1996.