

CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA A PARTIR DE SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DERIVADAS DE BANDAS ESPECTRAIS ORIGINAIS DO WORLDVIEW-2

JULIANE JUSSARA AFFONSO¹
MAURICIO SCHIAVOLIN SILVA²
MARIA DE LOURDES TRINDADE GALO³

Universidade Estadual Paulista - Unesp
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT
^(1,3) Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas
⁽²⁾ Graduação em Engenharia Cartográfica, Presidente Prudente – SP
⁽³⁾ Departamento de Cartografia, Presidente Prudente – SP
juliane_affonso@hotmail.com
mauricioschiaolin@yahoo.com.br
mlourdes@fct.unesp.br

RESUMO - Para imagens de alta resolução espacial os procedimentos de classificação baseados no pixel tornam-se inadequados para explorar toda sua variabilidade, sendo substituídos por abordagens orientadas a objetos. Uma questão crucial nesse processo é a geração de objetos que representem adequadamente os tipos de cobertura de interesse. Este trabalho teve como objetivo avaliar a abordagem orientada a objeto na classificação de uma imagem de alta resolução espacial WorldView-2, que define bandas espectrais adicionais ao intervalo clássico visível-infravermelho próximo, quanto aos seguintes aspectos: a) geração de objetos adequados para representar as classes de interesse; b) inserção de bandas adicionais na classificação dos objetos. Os objetos foram gerados por um algoritmo de segmentação a partir de imagens NDVI, um indicador do estado vegetativo e a primeira componente principal (CP-1) que preserva a maior parte da informação das bandas originais. A classificação multiespectral foi realizada para dois conjuntos de dados: bandas clássicas e bandas tradicionais acrescidas das adicionais. A utilização das imagens NDVI e CP-1 permitiu gerar os objetos de forma eficiente, pois diminuiu a dimensionalidade de dados a serem segmentados pelo algoritmo, sem perda significativa da variabilidade espectral. A inclusão das bandas espectrais adicionais mostrou-se mais eficiente na discriminação das classes de interesse.

Palavras chave: Segmentação multiespectral, Sensoriamento Remoto, Imagem WorldView-2, Análise Orientada a Objeto

ABSTRACT – Classification based on pixel become inadequate to explore the variability in high spatial resolution image, being replaced by object oriented approaches. A crucial issue in this process is the creation of objects that represent the cover types of interest rightly. This research aimed to evaluate an approach object oriented in the classification of a high spatial resolution image WorldView-2, that defines additional spectral bands from in the interval between visible and near infra-red, in the following aspects: 1. Generation of objects that identify classes of interest; 2. Inclusion of additional bands in the objects classification. The objects were generated by a segmentation algorithm from NDVI image, a vegetative state indicator, and the first Principal Component (CP-1), that preserve most of the information the original bands. It was performed two data sets for multiespectral classification: classic bands and conventional bands plus the additional bands. The use of NDVI and CP-1 images allowed create the objects efficiently, because the dimensionality of data to be segmented by algorithm has been reduced to two images without significant loss of spectral variability. The inclusion of additional bands proved to be more efficient in the discrimination of interest classes.

Key words: Multispectral Segmentation, Remote Sensing, WorldView-2 Image, Object Based Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados no mapeamento da cobertura

terrestre e no monitoramento dos recursos naturais, principalmente pelo fato de que as imagens obtidas a partir de satélites ou aeronaves propiciam uma cobertura sinóptica da superfície terrestre e permitem a extração de

informações utilizando técnicas de classificação multiespectral.

As abordagens tradicionais de classificação de imagens, denominadas pixel a pixel, foram desenvolvidas considerando apenas a característica espectral do pixel como unidade primitiva de informação a respeito dos alvos, sendo mais adequadas à classificação de imagens de baixa resolução espacial. A atual disponibilidade de imagens de Sensoriamento Remoto com resoluções espaciais, espectrais e temporais cada vez melhores, consequência do avanço tecnológico desta área, contrapõe-se com a necessidade de utilizar métodos tradicionais de análise dessas imagens. Dado a complexidade na extração de informações a partir de imagens de alta resolução espacial, diversos autores têm adotado com sucesso uma nova abordagem, na qual a unidade primitiva de processamento não é mais o pixel, e sim objetos compostos por vários pixels, por esta razão denominada, classificação orientada a objetos (ZHONG *et al.*, 2005). Esta nova abordagem permite a inserção do conhecimento do analista e a utilização de parâmetros de cor, forma, textura e relações de vizinhança na classificação de imagens (PINHO; FEITOSA; KUX, 2005).

A classificação orientada a objeto surgiu como uma tentativa de inserir, no processo de extração automática de informações a partir de imagens, elementos de análise utilizados pelo intérprete humano, tais como: forma, contexto, associação, entre outros. A utilização dessa abordagem se consolidou, porém, a partir da disseminação das imagens multiespectrais de alta resolução espacial, caracterizadas por uma alta variabilidade espectral, para as quais a classificação baseada em pixel não consegue atingir o grau de generalização necessário para representar adequadamente tipos de cobertura da terra.

Naturalmente, quando se trata da classificação baseada em objetos, uma questão crucial é a geração dos objetos a ser classificados, geralmente realizada a partir da segmentação prévia da imagem. Existem vários algoritmos que permitem gerar objetos topologicamente definidos, mas via de regra, essa tarefa exige um alto desempenho computacional. Por outro lado, a inclusão de bandas espectrais adicionais como entrada para segmentação pode tornar o processamento inviável. No que se refere a esse último aspecto, é importante reduzir a dimensionalidade espectral sem perda significativa da informação que viabilize a discriminação das classes de interesse. O sistema WorldView-2, lançado em 2009, constituiu um avanço para o Sensoriamento Remoto orbital ao adquirir imagens multiespectrais de alta resolução espacial em oito bandas espectrais estreitas, alcançando da faixa do azul até o infravermelho próximo. (NOVACK; RIBEIRO; KUX, 2011).

Diante do exposto e ressaltando-se o fato de que uma definição adequada dos objetos é crucial para o desenvolvimento de uma classificação cuja concepção se baseia na extração de atributos de objetos que sejam representativos das classes de interesse, realizou-se um experimento utilizando uma imagem de alta resolução

espacial WorldView-2 e de um aplicativo computacional que adota o paradigma de orientação a objeto.

2 OBJETIVO

Avaliar a abordagem orientada a objeto na classificação de uma imagem de alta resolução espacial e de maior dimensionalidade espectral, quanto aos seguintes aspectos:

- geração de objetos que representem adequadamente as classes de interesse;
- inserção de bandas adicionais na classificação dos objetos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área selecionada para a realização do experimento refere-se a uma pequena porção da área urbana e suburbana da cidade de Marília, SP, caracterizada por intensa ocupação agrícola. Está inserida geograficamente entre as coordenadas 22° 10' 16,18" a 22° 12' 4,20" de latitude sul e 49° 51' 10,01" a 49° 53' 12,86" de longitude oeste. A Figura 1 mostra a localização da cidade de Marília e uma composição colorida da imagem WorldView 2, destacando a área de estudos.



Figura 1- Localização da cidade de Marília no contexto do Estado de São Paulo; delimitação da área de estudo em composição colorida da imagem WorldView-2.

3.2 Materiais

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizada uma imagem multiespectral WorldView-2 com oito bandas espectrais: *Coastal, Blue, Green, Yellow, Red, Red-Edge, Near Infra-Red 1 (NIR-1) e Near Infra-Red 2 (NIR-2)*, obtida em junho de 2011. A Tabela 1 apresenta as principais características do sensor WorldView-2.

Uma breve descrição das bandas adicionais é feita a seguir (DIGITALGLOBE, 2010).

- Azul costal – favorece a identificação, análise de margem, linha de costa e estudos batimétricos; com base na penetração de luz nas camadas de água e é uma banda sensível a mudanças atmosféricas.

- Amarela – utilizada para identificar diferenças sutis na vegetação e solo exposto em alvos específicos; sendo relevante também na identificação de bancos de areia. Auxilia no processamento da cor natural e na

correção de nuances para melhor representar imagens à visão humana.

- Vermelho limítrofe (red-edge) – auxilia na análise de condições vegetativas de plantas. Oferece informações diretamente relacionadas à saúde vegetal, demonstradas pela produção de clorofila e padrões de crescimento de determinadas algas e plantas.

- Infravermelho Próximo 2 – análise e composição de índices de vegetação e estudo de biomassa verde.

Tabela 1- Características do sensor WorldView-2.

Lançamento	08/10/2009
Altitude	770 km
Resolução	0,46m pancromática
Espacial	1,84m multiespectral
Bandas Espectrais	Costal (400 - 450nm)
	Azul (450 - 510nm)
	Verde (510 – 580nm)
	Amarela (585 – 625nm)
	Vermelha (630 – 690nm)
	Vermelho Limítrofe (Red-Edge) (705 – 745nm)
	IVP 1 (770 – 895nm)
	IVP 2 (860 – 1040nm)
Res.	11 bits

Para o processamento e análise das imagens foram utilizados os seguintes *softwares*:

- *Spring 5.1.7*: utilizado para criação das Componentes Principais (CPs).
- *IDRISI Andes*: recorte da imagem e elaboração do NDVI.
- *eCognition Developer Trial 64*: utilizado para segmentação e classificação.

3.2 Metodologia

A abordagem adotada neste trabalho consistiu em definir os objetos a partir da segmentação de imagens derivadas das bandas espectrais, especificamente uma imagem índice de vegetação e a primeira componente resultante de uma transformação em componentes principais. Para a realização da classificação foram definidos, inicialmente, os tipos de cobertura da terra identificados na área de estudos e especificados dois conjuntos de bandas espectrais para classificação dos objetos: (1) bandas convencionais (três no visível e infravermelho próximo) e (2) oito bandas espectrais que compõem o sistema WorldView-2.

A imagem índice de vegetação utilizada foi o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que, ao combinar a resposta espectral das bandas espectrais do infravermelho próximo e do vermelho, define uma métrica altamente correlacionada com parâmetros biofísicos da vegetação. Por outro lado, a Análise de Componentes Principais, diminui a redundância espectral, produzindo um novo conjunto de imagens ou

componentes não correlacionados, entre as quais, a Primeira Componente Principal (CP-1) retém a maior parte variabilidade de todo o conjunto de bandas espectrais originais. Definidas essas imagens como dados de entrada, fez-se a delimitação dos objetos por meio de um processo de segmentação hierárquica, utilizando o aplicativo *eCognition Developer*.

Previamente à delimitação dos objetos, foram definidas as classes que constituem os tipos de cobertura da terra da área de estudos (Figura 2), sendo especificadas de acordo com as seguintes ocorrências: Área construída, Corpo d'água, Cultura Agrícola, Mata, Nuvem, Pastagem e Solo exposto.

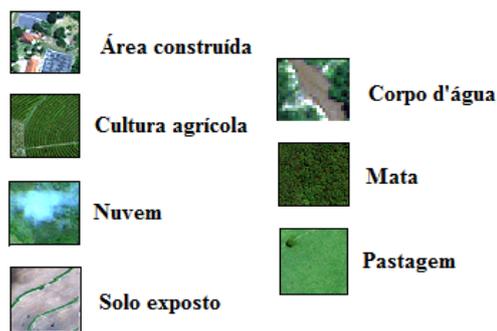


Figura 2- Caracterização do tipos de cobertura da terra na composição colorida WorldView-2: R(5) G(3) B(2).

Definidas as classes de acordo com sua ocorrência, foram selecionados os parâmetros para realizar uma segmentação usando o algoritmo de segmentação multiresolução, disponível no *eCognition Developer*. Três parâmetros controlam a segmentação: o parâmetro de escala (*Scale*) que determina o tamanho médio dos objetos (segmentos) e dois critérios de homogeneidade baseados nos valores espectrais e de forma (*Shape*). A forma é definida em função da compacidade dos objetos (*Compactness*) e da suavidade de suas bordas (*Smoothness*), que se trata de um parâmetro completar à Compacidade (se Compacidade é 0,6, a Suavidade será 0,4). Três níveis de segmentação, definidos pelo parâmetro Escala, geraram objetos com diferentes graus de resolução (tamanho médio dos objetos). Para todos os níveis foram utilizados os mesmos valores para os parâmetros Forma e Compacidade. Como especificado anteriormente, apenas as imagens NDVI e CP-1 foram usadas no processo de segmentação, pelo fato do NDVI fornecer indícios do estado vegetativo e promover o realce espectral da vegetação em relação ao solo e outros alvos, e a CP -1 preservar a maior parte da informação das bandas originais, apresentando alto grau de contraste em relação às outras componentes.

Após a segmentação, foram adquiridas amostras representativas das classes, a partir da identificação dos segmentos de diferentes tipos de cobertura da terra, definidas previamente.

A classificação foi então realizada utilizando o algoritmo “vizinho mais próximo padrão” a partir de amostras de treinamento, em relação ao Nível 1 da segmentação. Foram realizadas duas classificações: uma primeira contendo somente as bandas tradicionais: associadas aos intervalos espectrais do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo (*NIR-1*) e uma segunda classificação contendo todas as oito bandas do WorldView-2, ou seja, com a inclusão das bandas espectrais do azul costal, amarelo, vermelho limítrofe e infravermelho próximo 2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens referentes ao NDVI e CP-1, usadas posteriormente na segmentação multiresolução são mostradas na Figura 3. A CP-1 correspondeu a 69,37% da somatória de todas as variâncias das componentes, apresentando maior contraste.

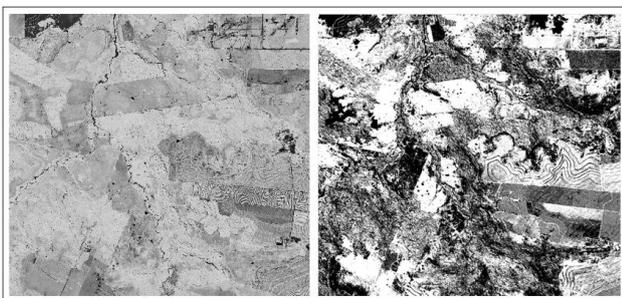


Figura 3- Imagens derivadas das bandas espectrais usadas na segmentação. Da esquerda para a direita NDVI e CP-1.

Após serem especificadas as classes de cobertura da terra a ser mapeadas foram definidos diferentes parâmetros no processo de segmentação multiresolução. No primeiro nível foi considerado um parâmetro de escala de 80, peso 0,1 para forma e 0,5 para compacidade gerando 3651 objetos. No segundo nível considerou-se um parâmetro de escala de 100, pesos atribuídos a forma e compacidade foram mantidos, gerando 2326 objetos. No terceiro nível foi especificada uma escala de 120, onde se manteve os pesos para forma e compacidade, obtendo 1651 objetos. Estes dados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Parâmetros adotados nos três níveis da segmentação.

Nível	Parâmetro de escala	Forma	Comp.	Número de objetos
1	80	0,1	0,5	3651
2	100	0,1	0,5	2317
3	120	0,1	0,5	1645

Analisando os objetos gerados nas segmentações em três níveis, selecionou-se aquele que melhor definiu as classes de interesse. Trata-se do nível 1 (com parâmetro de escala mais refinado), o qual apesar de gerar objetos em excesso, foi o único que possibilitou delimitar objetos

associados à classe ‘Nuvem’ e separar algumas classes de alta confusão.

A Figura 4 mostra uma composição colorida das bandas 2, 3 e 5 do WorldView-2, associadas às cores azul, verde e vermelho, respectivamente, sobre a qual foi sobrepostas a segmentação com os parâmetros definidos no Nível 1.

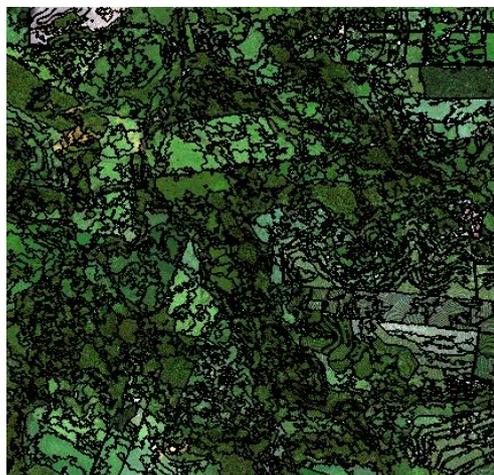


Figura 4- Segmentação com parâmetros do Nível 1 sobreposta à composição colorida WorldView-2.

Na etapa seguinte de classificação, quando da aquisição das amostras de treinamento, foi necessária uma participação mais decisiva por parte do analista, selecionando objetos representativos de cada classe. Foram realizadas duas classificações, ambas com o classificador vizinho mais próximo com limiar de aceitação de 0,2.

Na primeira classificação foram utilizadas apenas as bandas tradicionais: azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, sendo o resultado obtido mostrado na Figura 5.

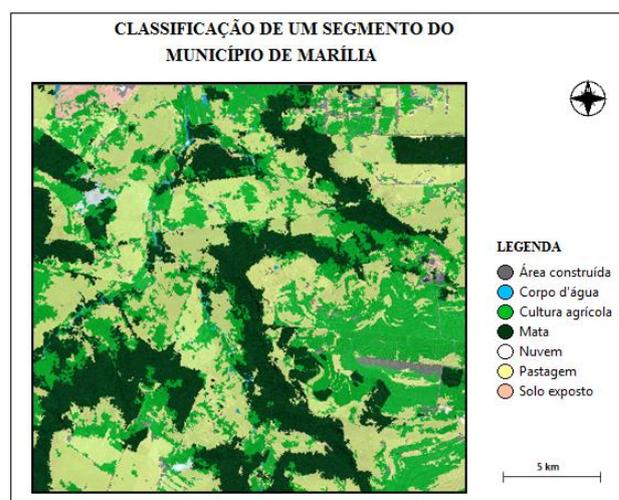


Figura 5- Classificação resultante da utilização das bandas espectrais convencionais do WorldView-2.

A segunda classificação realizada fez uso de todas as bandas do WorldView-2 (tradicionais e adicionais). A Figura 6 mostra o resultado dessa classificação.

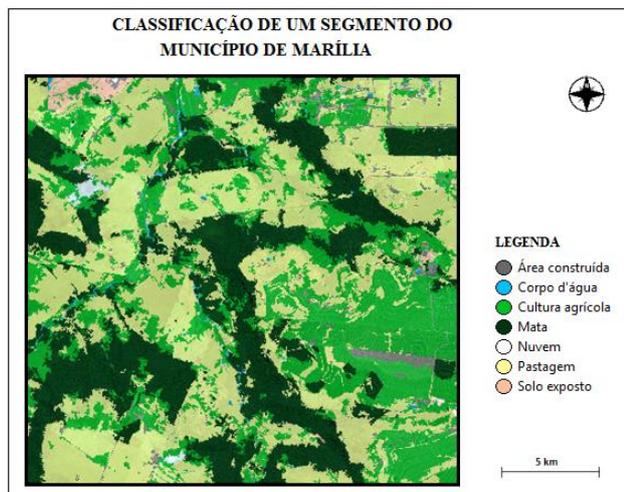


Figura 6- Classificação resultante da utilização das oito bandas espectrais do WorldView-2.

De modo geral, em ambas as cenas classificadas, é possível observar que há uma predominância de pastagem. Em relação a classe 'Mata', também bastante representativa, esta se mostrou consistente com a observação de campo e o padrão observado na imagem original. Essa associação consistente com o padrão definido na imagem também ocorre para as classes 'Nuvens', 'Solo exposto' e 'Corpo d'água', que se mostraram bastante similares a realidade. As classes que apresentaram maior confusão com outros tipos de cobertura, em ambas as classificações, foram 'Área construída' e 'Cultura agrícola'. A classe 'Área construída' classificada erroneamente já era de se prever, devido à variabilidade de alvos que apresentam, dificultando a aquisição de amostras representativas. Quanto às culturas agrícolas, houve certa confusão com a pastagem devido a resposta espectral ser muito similar.

Analisando e comparando as duas classificações nota-se que ambas se apresentaram muito similares, porém algumas discrepâncias podem ser notadas na classe 'Cultura agrícola', apresentando-se mais próxima da realidade na classificação mostrada na Figura 6, com menor confusão nas classes 'Mata' e 'Pastagem', que ocorre em alguns casos na classificação resultante do uso das bandas convencionais. Apesar da diferença sutil entre as duas classificações deve-se destacar a importância das bandas adicionais do WorldView-2, principalmente das bandas do amarelo, vermelho limítrofe e infravermelho 2, que contribuem na separação das classes que correspondem à vegetação (Cultura agrícola, Mata e Pastagem).

5 CONCLUSÃO

O uso da imagem NDVI e da 1º Componente Principal no algoritmo de segmentação multiresolução permitiu a criação dos objetos, usando parâmetros de escala, forma e compacidade, assim como a de trabalhar com diversos níveis de detalhes, proporcionando o mapeamento das classes de acordo com a necessidade requerida. A utilização dessas imagens também foi de extrema importância, pois diminuiu a dimensionalidade de dados a serem segmentados pelo algoritmo, sem perda significativa da variabilidade espectral do conjunto de bandas original.

Via de regra, uma classificação multiespectral não condiz totalmente com a realidade, apesar da incorporação de diferentes parâmetros associados aos objetos (espectral, forma, vizinhança, etc.). No entanto, à medida que são incorporadas bandas espectrais que capturam feições específicas que explicam o comportamento espectral de alguns alvos, pode-se esperar um resultado mais eficiente na discriminação das classes de interesse. Isso é mostrado na classificação gerada a partir da inclusão das bandas adicionais do WorldView-2, algumas das quais separaram as informações vegetativas com maior eficácia devido as bandas *Yellow*, *Red-Edge* e *Near Infra-Red 2 (NIR-2)*, quando comparadas à classificação gerada apenas com as bandas tradicionais (*Blue*, *Green*, *Red*) acrescidas da banda *Near Infra-Red 1 (NIR-1)*. É necessário, porém realizar uma seleção de atributos para definir a contribuição efetiva de algumas bandas na separação efetiva dos tipos de cobertura da terra, visto que eventualmente, a inclusão de bandas espectrais não apropriadas pode reduzir a variabilidade espectral entre as classes (por exemplo, *Coastal Blue*).

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas e ao departamento de Cartografia da FCT/UNESP por disponibilizarem a imagem WorldView-2 e os softwares usados no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIGITALGLOBE. **WorldView-2** Disponível em:<www.digitalglobe.com>. Acesso em: mai 2012.

KUX, H. J. H.; ARAUJO, E. H. G. Object-based image analysis using QuickBird satellite image and GIS data, case study Belo Horizonte (Brazil). In: BLASCHKE, T.; LANG, S.; HAY, G. J. (Eds.) **Object-Based Image Analysis – Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications**. Berlim: Springer-Verlag, 2008. 817 p. Cap. 6.1, p. 531-553.

NOVACK, T.; RIBEIRO, B. M. G.; KUX, H. J. H. **Análise dos dados do satélite WorldView-2 para a discriminação de alvos urbanos semelhantes com base em algoritmos de seleção de atributos**. In: XV Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 30-05 mai 2011, Curitiba, Brasil. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE, 2011.

PINHO, C. M. D.; FEITOSA, F. F; KUX H **Classificação automática de cobertura do solo urbano em imagem IKONOS**: Comparação entre a abordagem pixel-a-pixel e orientada a objetos. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16-21 abr 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE, 2005.

ZHONG, C.; ZHONGMIN, Z.; DONGMEI, Y.; RENXI, C. **Multi-scale segmentation of the high resolution remote sensing image**, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10226/32599/01526648.df?arnumber=1526648>>. Acesso em: mai. 2012.