

Aplicação do Algoritmo *K-Means* na Segmentação de Cobertura Vegetal em Imagens de Satélite

Tarcísio R. Júnior¹, Diego F. Pereira¹,
Mônica S. Pais¹, Cristiane F. S. Cardoso¹

¹Laboratório de Visão Computacional – Núcleo de Informática
Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí – Urutaí, GO – Brasil

{tarcisiojunior0203, diegoorizonago, monicaspais, crisfsantos}@gmail.com

Abstract. *The reduction of natural resources stimulates a constant acquisition of environmental information with the objective of understanding patterns of use, occupation and man's organization in the space. To this end, satellite images have been used together with new technologies and methods. A step in the evaluation of different methods for the characterization of elements in images is presented with the results obtained through the implementation and execution of an algorithm for data grouping (K-Means or, in portuguese, K-Médias) applied in images for the segmentation of vegetation cover. Also are shown combinations of bands from the Landsat-8 satellite.*

Resumo. *A redução dos recursos naturais estimula uma constante aquisição de informações ambientais com o objetivo de compreender padrões de uso, ocupação e organização do homem no espaço. Para tal, imagens de satélite têm sido utilizadas em conjunto com novas tecnologias e métodos. Uma etapa da avaliação de diferentes métodos para a segmentação de elementos em imagens é apresentada com os resultados obtidos através da implementação e execução de um algoritmo para o agrupamento de dados (K-Means ou, em tradução literal, K-Médias) aplicado em imagens de satélite para a detecção de cobertura vegetal. Também serão mostrados resultados de combinações de bandas provenientes do satélite Landsat-8.*

1. Introdução

O processamento de dados está cada vez mais presente no cotidiano do ser humano, e neste contexto há grande destaque no processamento de imagens, sejam elas obtidas por satélites, drones, máquinas de raio X e até mesmo dispositivos móveis.

As principais aplicações do processamento de imagens incluem a agricultura, medicina, construção civil e até mesmo órgãos de fiscalização do governo. Porém, com seu uso cada vez mais extenso e específico dentro das diferentes áreas, torna-se necessária a adoção de novas tecnologias tanto em hardware quanto na produção de novos algoritmos de processamento, com isso, estes podem emitir resultados de maior qualidade e/ou menor demanda de equipamentos físicos.

Com isso, o presente trabalho pretende demonstrar a eficiência do algoritmo *K-Means* aplicado na área de processamento de imagens de satélites em que normalmente se utiliza softwares com algoritmos próprios [Ramos et al. 2010], com o objetivo de detectar a vegetação.

As imagens selecionadas para o processamento foram adquiridas por meio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que disponibiliza gratuitamente as imagens capturadas pelo satélite Landsat-8. Este satélite foi escolhido por capturar as bandas necessárias para o estudo, sendo que cada banda é fornecida separadamente.

A seguir serão apresentadas informações detalhadas da experiência, tais como as bandas utilizadas, os algoritmos empregados no processamento das imagens e os resultados emitidos no término do processamento.

2. Trabalhos Relacionados

No trabalho de [Ramos et al. 2010], o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é utilizado para fazer o monitoramento da degradação da biodiversidade e cobertura vegetal do Parque Nacional Boqueirão da Onça (PNBO), situado na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, no estado da Bahia. Sendo que neste caso os softwares ERDAS e Arcgis foram utilizados para processar automaticamente as imagens.

[Damasceno and Silva 2016] apresentaram um trabalho no qual utilizaram imagens compostas pelas bandas 5, 4 e 3 provenientes do satélite Landsat-8, resultando em imagens com modelo de cores RGB, onde fazem a segmentação das mesmas utilizando o método *K-means* implementado em MATLAB para caracterizar os elementos presentes nas imagens. O presente trabalho diferencia-se tanto no aspecto da formação da imagem a ser segmentada, onde foram utilizadas as bandas 4 e 5, o que será explicado na seção 3 quanto na linguagem de programação utilizada (Java).

3. Material e Métodos

Uma etapa importante do estudo é a seleção correta da banda do espectro a ser utilizada. Para isso, foi feita uma análise a fim de identificar um padrão nessas imagens em que houvesse uma diferença da vegetação em relação aos outros objetos. [Moraes 2002] mostra em seu trabalho que os padrões de refletância de alguns elementos encontrados em imagens de satélites, tais como água, solo e vegetação se diferenciam. Com isso é possível observar que além dos diferentes níveis de refletância de tais elementos nas bandas do espectro, há também uma grande discrepância da vegetação em relação a outros elementos como água e solo na região do espectro que corresponde à banda do Infravermelho Próximo. A vegetação possui como característica alta refletância, o solo baixa refletância e a água quase nenhuma. Tal informação pode ser verificada na Figura 1.

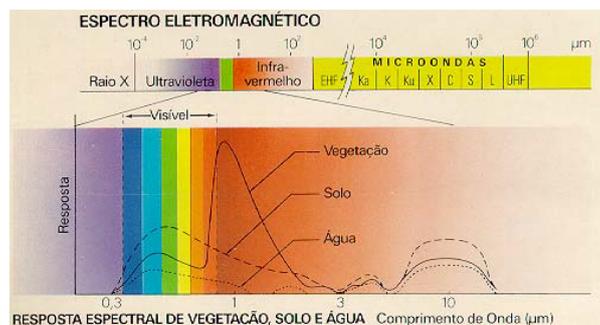


Figura 1. Informações sobre a refletância de alguns objetos dentro do espectro eletromagnético. Fonte: [Moraes 2002].

Outro importante aspecto a ser observado neste trabalho é a determinação de métricas que possam quantificar a presença de vegetação. Segundo [Meneses et al. 2012] vários trabalhos utilizam o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que traduzido para o português é Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Este índice evidencia diversos aspectos da vegetação, como a área foliar da planta, a saúde dessa área, etc.

[Ramos et al. 2010] definiram o NDVI como sendo um modelo resultante da combinação dos níveis de refletância em imagens de satélite provido de uma equação composta pelas bandas correspondentes ao Vermelho (V) e Infravermelho Próximo (IVP). Este modelo é baseado no fato de que a vegetação absorve grande parte da radiação na faixa que corresponde ao vermelho do espectro visível para a execução da fotossíntese, enquanto que no infravermelho próximo ocorre grande reflexão, devido à baixa ou quase nenhuma absorção da planta.

[Ramos et al. 2010] apresentam a seguinte equação para a composição da imagem NDVI :

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

No presente trabalho a imagem que contém como informação o índice de vegetação foi designada pelo termo imagem NDVI.

A Figura 2 mostra as bandas capturadas pelo Landsat-8, que possui sensores capazes de capturar 11 bandas diferentes, e destas serão utilizadas neste estudo 5 bandas (2, 3, 4, 5 e 6) que variam de 0.45 a 1.65 μm (micrômetros) de comprimento de onda e resolução de 900 metros quadrados de superfície por pixel.

Landsat-8 Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Band 2 – Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 – Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Band 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Band 8 – Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Band 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Figura 2. Informações das imagens e bandas capturadas pelo satélite Landsat-8. Fonte: <http://www.processamentodigital.com.br/2013/06/02/landsat-8-novas-combinacoes-de-bandas/>.

Para formação da imagem NDVI que mostra de forma mais evidente a refletância da vegetação em relação a outros objetos, as bandas 4 e 5 foram selecionadas. O *download* das imagens foi feito pelo catálogo de imagens do site do INPE. Cada imagem contém a dimensão de 7721 pixels de largura e 7851 pixels de altura, totalizando 60.617.571 de pixels. O formato de extensão de cada imagem adquirida é .TIF e cada imagem possui

aproximadamente 115 MB. A época em que as imagens foram capturadas corresponde ao período de inverno do hemisfério sul. A Figura 3 mostra as imagens correspondentes às bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo). Destacando que as imagens nesta figura são pouco perceptíveis a olho humano.

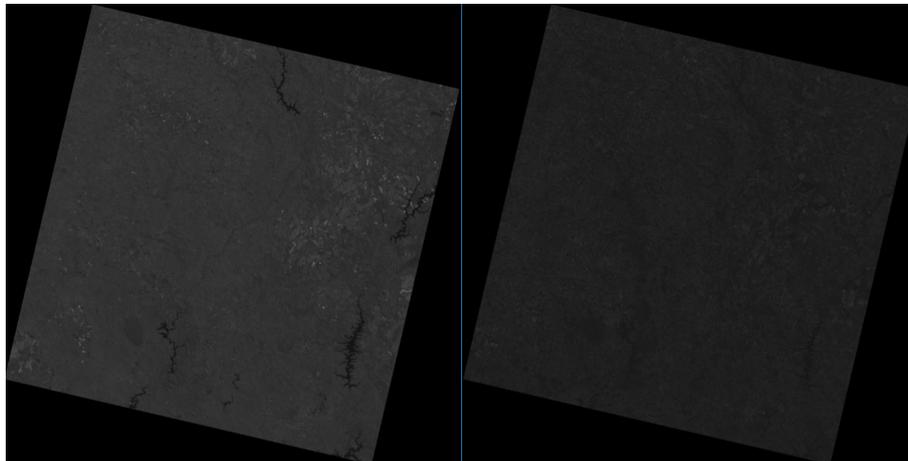


Figura 3. No lado esquerdo, imagem correspondente à banda 5; no lado direito, à banda 4. Fonte: INPE.

Assim, para obter a imagem NDVI são utilizadas as imagens contidas na Figura 3, em que cada pixel é passado como parâmetro na equação, sendo que é preciso pigmentar a imagem resultante em modelos de cores RGB para facilitar a comparação dos resultados finais gerados pelo algoritmo. Conforme [Meneses et al. 2012], as composições coloridas procuram reproduzir padrões de cores através da combinação das bandas referentes às cores básicas: vermelho, verde e azul. Assim, para compor essas imagens coloridas foram adquiridas e combinadas as bandas 4, 3 e 2, respectivamente. A composição das imagens em modelos de cores tem como finalidade neste estudo, facilitar a compreensão e visualização dos objetos que compõem cada *cluster*.

Também foi explorado neste estudo uma combinação diferente de bandas para a composição colorida. Para isso, foram combinadas as bandas 6, 5 e 4, respectivamente. Conforme [Leda et al. 2014], esta combinação de bandas possui a característica de evidenciar a vegetação em tons de verde e o solo em tons de vermelho tornando o contraste entre os objetos maior e conseqüentemente mais visível à percepção humana.

O algoritmo de agrupamento de dados utilizado é popularmente conhecido como *K-Means*. Segundo [Jain 2010], este algoritmo possui as características de dividir uma massa de dados em k grupos definidos pelo usuário, seguindo uma regra de maior dissimilaridade intergrupos e maior similaridade intragrupo possível. Mesmo sendo necessário a intervenção de um elemento humano, este algoritmo de agrupamento de dados é considerado não supervisionado, como pode ser encontrado em [Teixeira et al. 2006] e [Duda et al. 2012]. A Figura 4 mostra um fluxograma de funcionamento do algoritmo *K-Means*.

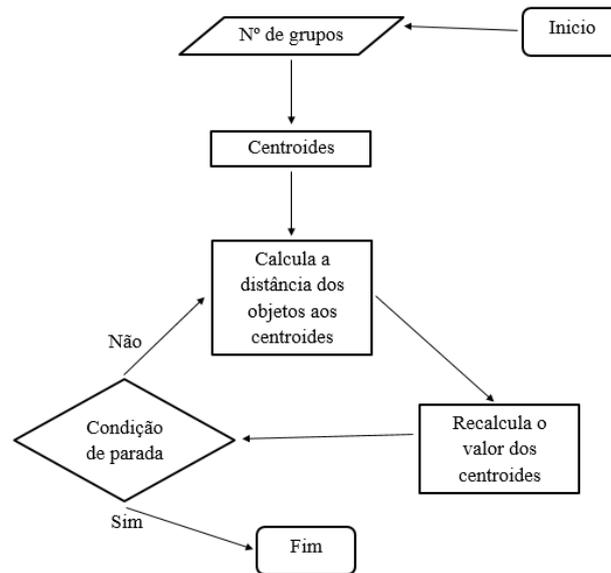


Figura 4. Fluxograma de execução do algoritmo *K-Means*

Inicialmente o usuário fornece ao algoritmo o número desejado de grupos, também conhecidos como *clusters*. O algoritmo selecionará, de forma aleatória, k valores presentes na massa de dados como centroides; após a fase inicial ser concluída, o algoritmo calcula a distância de todos os valores aos centroides, e então agrupa os elementos conforme sua proximidade ao centroide de cada *cluster*; após isso o algoritmo refaz o cálculo do valor dos centroides, levando em consideração a média dos valores dos *cluster*; e com o término desse processo o algoritmo avalia a condição de parada estabelecida pelo usuário (neste estudo por exemplo a condição de parada do *K-Means* é quando a quantidade de trocas de elementos entre os *clusters* for igual a 0). Caso a condição seja satisfeita, o algoritmo chega ao fim. Se não, retorna ao ciclo apresentado.

Para a execução do algoritmo foram escolhidos como números de grupos os valores 3, 4, 5, 10, 15 e 20 grupos. Este algoritmo foi implementado utilizando linguagem de programação Java, juntamente com a API JAI (Java Advanced Image), utilizada neste trabalho para realizar a leitura e gravação das imagens na memória permanente. O algoritmo completo possui 5 etapas que são: Formação da imagem NDVI e gravação da mesma no disco rígido, agrupamento de dados da imagem NDVI com o número de grupos propostos anteriormente, formação das imagens RGB e gravação no disco rígido, agrupamento da imagem RGB e gravação em disco e geração do resultado final, uma imagem com NDVI agrupado apresentando modelo de cores RGB.

4. Resultados e Discussões

Após o estudo da problemática envolvendo sensoriamento remoto e agrupamento de dados, a coleta das bandas que formam a imagem e a construção e execução do algoritmo foram obtidos alguns resultados.

Percebeu-se no decorrer do processo que fazer a segmentação da imagem utilizando-se como padrão o espectro visível (ou simplesmente a junção das bandas 4,3 e 2, formando a imagem no modelo de cores RGB, exemplo contido na Figura 5) não é o

mais viável. Essa imagem apresenta apenas a tonalidade dos pixels, e se a água for turva, por exemplo, o resultado não atingiria as expectativas e colocaria vegetação e água no mesmo grupo (ou *cluster*), pois a tonalidade dos dois pode ser muito semelhante.



Figura 5. No lado esquerdo, uma junção das bandas 4, 3 e 2, respectivamente, formando uma imagem RGB; no lado direito, uma maneira visual de destacar vegetação é criar uma imagem R6G5B4 (ou a junção das bandas 6,5 e 4, respectivamente).

Também foi observado que a quantidade de grupos que obteve melhor resultado na segmentação das imagens foi 3, isso aconteceu pelo fato de que outros elementos presentes na imagem possuem refletância compatível com solo e água, e no momento do agrupamento, tais elementos foram agrupados juntos, formando 3 grupos com índice de discrepância satisfatórios, o que está de acordo com as informações contidas na Figura 1. Mesmo com essa limitação não houve prejuízo para o estudo, pois o foco central do mesmo é identificar a vegetação presente nas imagens.

Ainda sobre o número de grupos, quando valores acima de 3 são processados o nível de qualidade das informações geradas pelo algoritmo diminui. Isso se deve ao fenômeno de que a vegetação rasteira e de baixa densidade possui baixa refletância em relação a vegetações com maiores densidades, e com isso o algoritmo tem a tendência de agrupar essa vegetação rasteira junto a grupos onde se encontra os solos. A resolução das imagens pode justificar este fenômeno, onde cada pixel corresponde a aproximadamente 900 metros quadrados em solo.

Na Figura 6 é mostrado um dos resultados satisfatórios da execução do algoritmo *K-Means*. Pode-se observar que utilizar a imagem gerada pelo cálculo do NDVI (imagem mostrada no lado esquerdo Figura 6) é um método eficiente para segmentar e identificar a vegetação contida numa imagem, por conta do destaque que a vegetação recebe após o cálculo.

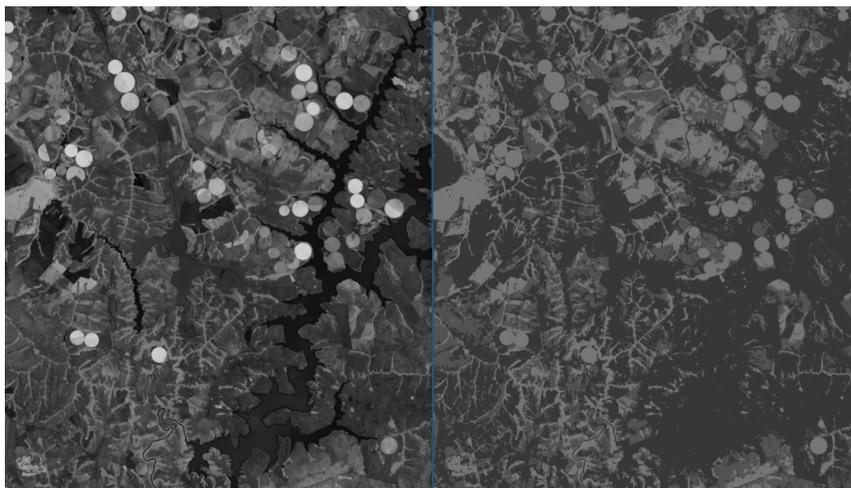


Figura 6. No lado esquerdo, imagem gerada após o cálculo do NDVI (detalhe na vegetação bem definida); e no lado direito, resultado da segmentação da imagem da esquerda (com 3 grupos, ou clusters, bem definidos).

O resultado final, ou seja, a segmentação obtida com base na imagem NDVI gerada pelo cálculo do NDVI para se tornar mais perceptível, é apresentado na Figura 7. O algoritmo de construção da imagem final após o término do agrupamento realiza a pigmentação dos grupos com modelos de cores RGB.

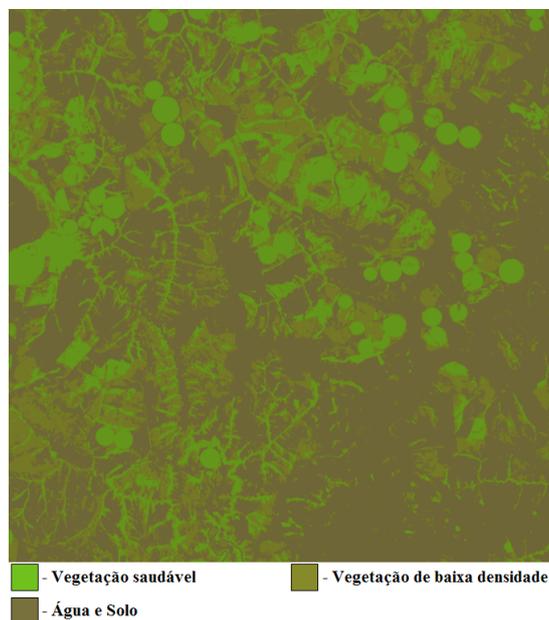


Figura 7. Resultado final da segmentação da imagem gerada a partir do cálculo do NDVI (com 3 *clusters* bem definidos).

5. Conclusão

O presente artigo apresentou um conjunto de métodos que tem como objetivo segmentar a vegetação em imagens de satélite. Observou-se no decorrer do processo que o NDVI é um método plausível para evidenciar a cobertura vegetal em imagens de satélite. O algoritmo *K-Means* mostrou visualmente ser um método muito eficiente no propósito deste estudo. Este estudo serve como base para estudos mais específicos na área, sendo interessante nos casos em que representam uma aproximação inicial e rápida em problemas que envolvam a segmentação dentro das áreas de vegetação.

Referências

- Damasceno, G. S. and Silva, E. E. (2016). Utilização de Algoritmos Não Supervisionados na Detecção de Elementos em Imagens de Satélite. Monografia (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, Urutaí, Goiás, Brasil.
- Duda, R. O., Hart, P. E., and Stork, D. G. (2012). *Pattern classification*. John Wiley & Sons.
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond k-means. *Pattern recognition letters*, 31(8):651–666.
- Leda, V. C., Nicolete, D. A. P., da Conceição Sartori, A. A., Pezzoni Filho, J. C., and Zimback, C. R. L. (2014). Uso do solo na sub-bacia do ribeirão da prata, lençóis paulista-sp. *Nativa*, 2(3):170–174.
- Meneses, P. R., Almeida, T. d., Rosa, A. N. d. C. S., Sano, E. E., Souza, E. B. d., Baptista, G. M. d. M., and Brites, R. S. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. *Brasília: UNB/CNPq*.
- Moraes, E. C. (2002). Fundamentos de sensoriamento remoto. In *Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente*, chapter 1. INPE.
- Ramos, R., Lopes, H., Melo Junior, J., Candeias, A., and Siqueira-Filho, J. (2010). Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (ndvi) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. *III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, pages 001–006.
- Teixeira, A. d. A., Silva, A. M., Pires, A. C. B., Moraes, R. A. V. d., and Souza Filho, C. R. d. (2006). Integração e análise de dados aerogeofísicos por meio da aplicação de técnicas de processamento digital de imagens e classificação não supervisionada: O exemplo do greenstone belt rio das velhas, quadrilátero ferrífero, mg. *Revista Brasileira de Geofísica*, 24(4):559–572.