

MISTURA ESPECTRAL EM ÁREAS DE CERRADO: ABORDAGEM MULTISENSOR E MULTIRESOLUÇÃO

Caio Arlanche Petri¹, Luís Fernando de Abreu Pestana², Vandoir Bourscheidt³

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1758. São José dos Campos-SP. caio.petri@inpe.br

^{2,3}Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Ciências Ambientais. Rod. Washington Luís, km 235. São Carlos-SP. tlfap@gmail.com; vandoir@ufscar.br

RESUMO

Três diferentes fontes de dados (VANT, Planet e CBERS4/Pan) foram utilizadas para a aplicação do modelo linear de mistura espectral (MLME), buscando evidenciar a influência da resolução espacial e espectral em uma área de Cerrado. As imagens obtidas com VANT resultaram em um mosaico com resolução espacial de 0,01 m. Imagens dos satélites PlanetScope e CBERS4/Pan, com resolução espacial de 3 e de 10 metros, respectivamente, complementaram a base de dados. O MLME foi aplicado em cada imagem, e uma amostragem aleatória de pontos foi estabelecida para avaliar a variação e variabilidade entre os dados. Posteriormente, a imagem VANT foi reamostrada para resoluções de 1 e 10 m visando demonstrar a influência do procedimento no resultado do MLME. Os resultados mostraram que a resolução espacial promove diferenças na detecção de sombras pelo modelo, assim como a presença de bandas do azul e do infravermelho próximo. De forma geral, a reamostragem de pixels resultou na redução da quantidade de sombras e aumento na fração solo. Os autores concluem que o trabalho auxiliou na demonstração dos impactos dos fatores analisados na capacidade de distinção de frações do modelo utilizado, assim como na compreensão das implicações do uso de diferentes sensores.

Palavras-chave — MLME, VANT, CBERS4, PlanetScope.

ABSTRACT

Images from three instruments (UAV, PlanetScope and CBERS4/Pan) were used to evaluate the influence of spatial and spectral resolution when using the spectral mixing linear model (LSMM) in a Cerrado area. An Orthmosaic with 0.01 m spatial resolution was obtained for the UAV imagery. PlanetScope and CBERS4/Pan images with resolutions of 3 and 10 meters, respectively, completed the database. The LSMM was applied to each image, and a random sampling of points was established to evaluate the variation and variability between the datasets. In an additional step, the UAV orthomosaic was resampled to 1 and 10 m to demonstrate the influence of the procedure on the LSMM. The results showed that the spatial resolution promotes differences in the detection of shadows by the

model, as well as the presence of blue and near infrared bands. In general, pixel resampling promoted reduction in the amount of shadows and increase in the soil fraction. The authors concluded that the work contribute to better understand the impacts of the analysed factors on the fractional capacity of the used model, as well as to understand the implications of the use of different sensors.

Key words — LSMM, UAV, CBERS4, PlanetScope.

1. INTRODUÇÃO

O domínio fitogeográfico do Cerrado sofre, a cada ano, perda de área natural significativa de forma que, no estado de São Paulo, 87% das áreas naturais dentro deste domínio já foram degradadas de alguma maneira [1]. Desse modo, a utilização de ferramentas para o monitoramento ambiental, como as imagens aéreas e orbitais, se torna essencial para fins de monitoramento da vegetação [2]. São múltiplas as tecnologias disponíveis para este tipo de monitoramento, com destaque recente para sensores orbitais com alta resolução espacial que, mesmo variantes em características radiométricas e espectrais, permitem detalhamento para estudos em pequenas áreas de estudo. Nesse mesmo sentido, a redução de custos para a operação de veículos aéreos não tripulados (VANTs) estabelece uma nova relação entre o monitoramento óptico de variáveis ambientais [3].

Largamente utilizado na discriminação de frações para sensores orbitais de alta resolução espacial, o modelo linear de mistura espectral (MLME) [4] não foi investigado na literatura quanto a sua aplicabilidade em imagens de altíssima resolução espacial em sentido comparativo com sua aplicação tradicional, em resoluções médias e altas [4,5]. Ainda, a capacidade do modelo em diferenciar sombras em áreas de dossel misto pode ser sujeita a variabilidade de acordo com a resolução espacial ou mesmo espectral, quando variadas as bandas inseridas para identificar as frações de interesse.

Nesse sentido, este trabalho buscou comparar a aplicação do MLME para uma área de Cerrado em recuperação, caracterizada por vegetação rasteira densa e dossel esparsa, utilizando diferentes fontes de dados em imagens CBERS4/Pan (10 m), PlanetScope (3 m) e de um levantamento por VANT (inicialmente 0,01 m). Buscamos avaliar a diferenciação de frações e variabilidade induzidas pelas resoluções espacial e espectral de cada sensor.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo escolhida neste trabalho está localizada no município de São Carlos-SP e é composta por vegetação de Cerrado, com cobertura de dossel mediana (Cerrado strictu sensu) e em processo de regeneração, em um total de 10,6 ha. Apesar das fitofisionomias bem definidas, a área contém vegetação secundária. Para a obtenção dos dados VANT, um voo foi realizado em 26/06/2017, às 14h:30min, com altura de 70 metros, sobreposição lateral de 70% e frontal de 80%. O equipamento utilizado foi um Phantom 3 Standard com configuração de sensor original. Um total de 288 fotografias foi submetido ao processamento fotogramétrico para a obtenção de um ortomosaico (bandas azul, verde e vermelho) com resolução de 0,01 m [6]. Não foi realizado nenhum procedimento de correção. Imagens PlanetScope da mesma data (26/07/2017), com resolução espacial de 3 m, foram utilizadas como a segunda variável do estudo (bandas do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo). Para estas imagens, foi adotada uma correção atmosférica pela subtração do pixel escuro sobre os números digitais (ND) [7]. Como uma última variável, foi utilizada uma imagem CBERS4/Pan (12/05/2017) com resolução de 10 m, nas bandas verde, vermelho e infravermelho próximo. Neste caso, também foi adotado o procedimento de subtração do pixel escuro sobre ND.

As três imagens foram submetidas ao modelo linear de mistura espectral (MLME) [4] com seleção de *endmembers* por *scatterplot* (frações vegetação, solo e sombra). Ao utilizar os mesmos critérios visuais de seleção – respeitando as diferenças em resolução espacial e espectral das imagens – foi mantido um padrão para que os resultados representassem um modelo adequado a cada imagem. Posteriormente, o ortomosaico VANT foi reamostrado para resoluções de 1 e 10 m, e o MLME foi novamente aplicado para cada caso. Os resultados do MLME foram representados espacialmente em composição RGB (respectivamente solo, vegetação e sombra) e em gráficos de barra percentuais e *boxplots*. Para os dois últimos casos, uma amostragem aleatória de 200 pontos sobre a área de estudo foi realizada. Desta forma, a distribuição intra- e intervariável puderam ser observadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do MLME para as imagens VANT (0,01 m), PlanetScope e CBERS4/Pan são exibidos na Figura 1. As composições RGB promovidas nas três imagens evidenciam diferenciação de posicionamento dos elementos da superfície para cada classe, provindo das distintas resoluções espaciais e espectrais de cada sensor. Porém, em termos gerais, a divisão das frações solo, sombra e vegetação foi satisfatória para as imagens VANT e PlanetScope. A imagem CBERS4/Pan demonstrou uma alta tendência para a fração vegetação, que, apesar de

dominante, não é caracterizada por dosséis fechados (contendo mais solo em sua composição). Tal resultado pode ser atribuído à relativa baixa resolução espacial do sensor para a finalidade, sendo mais adequado quando aliado ao MLME para identificação de alvos com maior porte ou em caracterização regional.



Figura 1. MLME para as imagens VANT (0,01 m) (1); PlanetScope (2) e CBERS4/Pan (3) em composição RGB para as frações solo, vegetação e sombra.

No sentido contrário à imagem CBERS4/Pan, a imagem VANT resultante do MLME apresentou alta porcentagem da fração sombra, representando cerca de 50% de todos os pixels amostrados (Figura 2(a)). O MLME para a imagem PlanetScope apresentou níveis mais baixos de sombra, juntamente com o MLME CBERS4/Pan. Tal comportamento pode ser atribuído à presença da banda do infravermelho nas duas imagens. Para o MLME CBERS4/Pan, ainda, destaca-se a ausência de uma banda na região espectral do azul, o que causa redução na detecção de sombras pelo modelo. A baixa detecção percentual de solo se manteve para todas as imagens, com uma notável redução no MLME CBERS4/Pan. Os *boxplots* de cada fração, por MLME gerado, demonstram com maior clareza a variabilidade de cada modelo promovido (Figura 2(b)). A maior variabilidade é representada pelo modelo realizado a partir de imagem VANT. Isto ocorre por causa da alta resolução espacial da imagem utilizada (0,01 m), o que leva a uma grande gama de valores de pixel MLME em todas as frações do modelo. Ainda, a amostragem de 200 pontos para tal resolução espacial se torna significativamente menos representativa. A variabilidade dos outros dois modelos se mostrou pequena em torno da mediana, sendo a menor delas observada no modelo com menor resolução espacial, o MLME CBERS4/Pan.

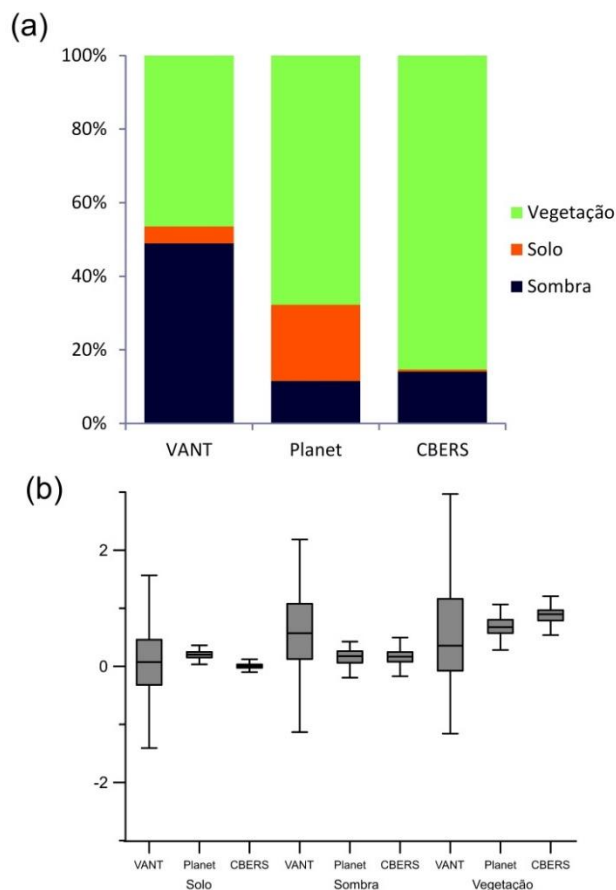


Figura 2. Gráficos de barra percentual e *boxplots* dos MLMEs VANT (0,01 m), PlanetScope e CBERS4/Pan.

Como forma de comparação e adaptação dos dados VANT com as imagens orbitais utilizadas, o ortomosaico VANT foi reamostrado de 0,01 m para 1 e 10 m. Dois novos MLMEs foram gerados utilizando os mesmos critérios já adotados. A Figura 3(a) mostra as tendências percentuais observadas para os três MLMEs que utilizaram as imagens VANT. É possível observar uma redução na quantidade de sombras identificadas pela fração, sendo substituídas majoritariamente pela fração solo (a fração vegetação se manteve estável nos três modelos). A identificação de uma grande quantidade de sombras no modelo com resolução mais fina, conforme discutido anteriormente, pode ser explicada pela alta resolução espacial aliada à ausência de banda do infravermelho próximo (e presença do azul). Esta combinação permite que o sensor se torne sensível à sombra de elementos na superfície e nos dosséis que estariam integrados em pixels de menor resolução de imagens orbitais. Os MLMEs com resoluções mais esparsas, portanto, perdem sombra para a fração integrada de base da cobertura na área de estudo – o solo.

Ao observar os *boxplots* dos três modelos provindos de imagem VANT, fica evidente uma redução na variabilidade dos dados conforme a resolução espacial se torna menos

detalhada. Quanto mais informação integrada houver em um dado pixel maior no mesmo local, menor será a variabilidade total do conjunto de dados, fato que se repetiu para a amostragem utilizada. Além disso, foi observado aumento na mediana conforme a resolução se tornou mais esparsa.

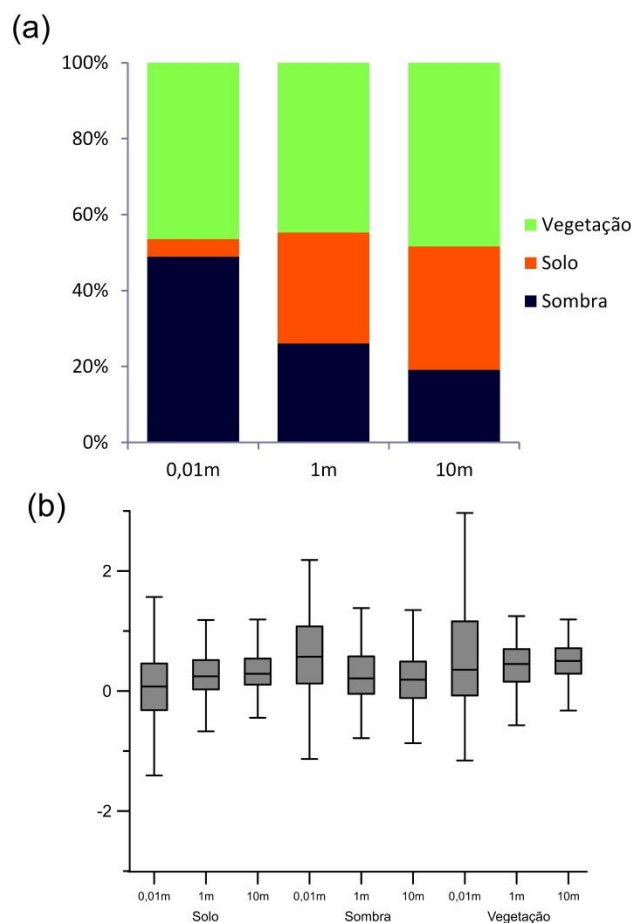


Figura 3. Gráficos de barra percentual e *boxplots* dos MLMEs VANT (0,01, 1 e 10 m).

4. CONCLUSÕES

Com base na análise inicial, os resultados encontrados apresentaram capacidades de distinção de frações diferenciadas de acordo com o sensor utilizado. Para a imagem VANT, pode-se destacar a alta detecção de sombra associada à sua resolução espacial e radiométrica (presença do azul e falta do infravermelho próximo). Na imagem PlanetScope, uma distinção equilibrada de frações foi encontrada, em concordância com a presença dos elementos fundamentais do modelo na área de estudo. Para a imagem CBERS/Pan, finalmente, foi encontrada uma baixa quantidade de sombras representadas pela fração correspondente. Este resultado pode estar associado à ausência da banda azul nos dados utilizados. A segunda análise promovida pela reamostragem do tamanho do pixel

da imagem VANT levou a uma redução na identificação de sombras nos MLMEs de 1 e 10 m quando comparados à resolução inicial, de 0,01 m. A redução ocorreu concomitantemente ao aumento na fração solo, com a vegetação permanecendo estável. Vale mencionar que, embora não adotada neste trabalho, a aplicação de um modelo de correção topográfica utilizando o modelo digital de superfície utilizado na ortorretificação do mosaico de imagens VANT poderia eventualmente diminuir a fração de sombra obtida com o MLME.

De forma geral, os resultados do trabalho representam possibilidades de uso diferenciadas para o MLME. Ressaltamos a importância de levantamentos quantitativos e qualitativos em campo, não realizados para este trabalho, como ferramenta para a avaliação da acurácia na divisão de frações pelos modelos. Entretanto, de maneira geral, as tendências causadas pela variabilidade dos dados puderam ser demonstradas.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Planet Labs por conceder acesso (através do *Education and Research Program*) às imagens da constelação PlanetScope. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Ministério do Meio Ambiente. “Mapeamento de cobertura vegetal do bioma cerrado (2007)”. Disponível em: <<https://bit.ly/2RDBSDu>>. Acesso em: out. 2018.
- [2] Gong, P. et al. “Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data”. *International Journal of Remote Sensing*, v. 34, n. 7, p. 2607-2654, 2013.
- [3] Eisenbeiss, Z.H. “The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping”. *Photogrammetric Week*, p. 135-145, 2011.
- [4] Shimabukuro, Y.E.; Novo, E.M.; Ponzoni, F.J. “Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. 13, p. 1729-1737, 1998.
- [5] Anderson, L. O.; Aragão, L. E. O. C.; Lima, A. D.; e Shimabukuro, Y. E. “Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira”. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 4, p. 445-456, 2005.
- [6] Petri, C.A.; Soares, J.A.H.; e Pestana, L.F.A. “Utilização de imagens aéreas obtidas por VANT para aplicação de índices de vegetação em uma área de Cerrado”. In: *XIV Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*, Poços de Caldas/MG, 2017.
- [7] Chavez, P.S.J. “An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multi-spectral data”. *Remote Sensing of Environment*, v. 24, n. 1, p. 459- 479, 1988.