



Análise da assinatura espectral no visível e infra-vermelho próximo de áreas queimadas em produtos MODIS

Renata Libonati (1,2), Fabiano Morelli (2), Alberto Setzer (2), Carlos da Camara (1) e José Miguel Cardoso Pereira (3)

(1) Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal.

(rlsantos@fc.ul.pt)

(2) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Satélites Ambientais, Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil.

(3) Departamento de Florestas, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Resumo

Alterações da cobertura vegetal induzidas pelas queimas de vegetação são relevantes para o ciclo do carbono, diversidade biológica, e degradação do solo, implicando no desenvolvimento de metodologias de sensoriamento remoto para determinar a extensão da área afetada pelo fogo. A ocorrência de queimadas geralmente resulta numa alteração da assinatura espectral da área afetada, principalmente nas regiões do visível e infravermelho próximo (NIR) do espectro eletromagnético. Neste domínio, o uso de satélites tem desempenhado um papel fundamental, com a possibilidade de aquisição de dados em áreas extensas e remotas, e ainda em tempo quase-real.

O presente trabalho analisa a variabilidade da assinatura espectral de áreas queimadas numa região ao norte do estado do Mato Grosso, Brasil, utilizando dados de refletividade dos compostos de 32 dias das bandas 1 a 7 do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) do satélite AQUA da NASA, gerados e distribuídos pela Universidade de Maryland, EUA. O objetivo principal foi identificar as bandas do composto de 32 dias mais eficientes para um futuro mapeamento não supervisionado de áreas queimadas na região de estudo.

Utilizou-se o método de componentes principais para verificar e selecionar quais bandas contribuem com maior peso nas componentes que melhor explicam a variância dos dados. Utilizou-se um índice de discriminação para determinar a habilidade de cada uma das sete bandas do composto de 32 dias e de cada uma das componentes principais em discriminar entre superfícies queimadas e outros tipos de cobertura do solo.

Observou-se que a reflectância da banda 2 (infravermelho próximo, ~0,86 μm , “NIR”) decresce após a queimada. As bandas no limite desta faixa (5 em ~1,24 μm , 6 em ~1,64 μm e



7 em , 2,13 um) apresentam entre si comportamentos distintos em relação à banda 2, o que possivelmente está relacionado com o tipo de cobertura vegetal queimada; destas três bandas, apenas a 5 foi útil na caracterização de queimadas. A banda 2 apresentou o sinal radiométrico mais marcante (maior índice de discriminação) para as queimadas, concordando com resultados anteriores da literatura que consideram o NIR como a melhor região para identificar áreas queimadas em todos os tipos de cobertura vegetal; seguiu-se a banda 5 como a segunda mais eficiente na discriminação de áreas queimadas. A segunda componente principal explicou 25% da variância dos dados e melhor discriminou entre áreas queimadas e não queimadas; as bandas com os maiores peso na segunda componente principal, foram as bandas 2 e 5 sugerindo que a combinação de bandas mais adequada para discriminar áreas queimadas na região de estudo deve incluir a região do infravermelho próximo, mais especificamente as bandas 2 e 5. Os resultados deste trabalho serão empregados nos ajustes de índices espectrais utilizados em algoritmos de de detecção queimadas.



Abstract

Land cover changes induced by vegetation fires are fundamental to carbon cycle, biological diversity and soil degradation, implying on the developments of remote sensing methodologies to estimate the area burned. A burnt surface generally results in a change in the radiometric signatures over the affected areas, particularly on visible and near infrared (NIR) regions of the electromagnetic spectrum. In this context, satellites are a suitable monitoring tool, allowing data acquisition over large and remote areas, and also in almost real-time.

The present work analyses the variability of the spectral signature of burned areas at the north part of the Mato Grosso state, Brazil, using reflective data from the 32-day composites, bands 1 to 7, of the *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) on board NASA - AQUA satellite, produced and disseminated by University of Maryland, USA. The main objective was to identify the best channels of the 32-day composites for burned area discrimination for a future unsupervised mapping in the region of interest.

We have applied a principal component (PC) analyses to verify and select which channels have more weight on the components that explains the main variance of the data. The ability of each channel and each principal component to discriminate between burnt areas and the other types of land cover was assessed by means of a discriminating index.

Results shows that near infrared reflectance ($\sim 0,86 \mu\text{m}$, NIR) decreases as a result of fire. In the region close to the NIR limit (channel 5 in $\sim 1,24 \mu\text{m}$, channel 6 in $\sim 1,64 \mu\text{m}$ and channel 7 in $2,13 \mu\text{m}$) there may occur distinct behaviors in relation to channel 2, what is probably related to the land cover type affect by fire. Channel 2 presents the strongest radiometric signal (highest discriminating index) to burning, in agreement with several results in the literature which show that NIR allows a good discrimination of burned areas in all land cover types; channel 5 follows with the second highest discriminating index.

The second principal component explains up to 25% of the total variance and has the best ability to discriminate between burned and unburned surfaces. Analysis of weights of the second principal component shows that PC2 is roughly an average of the channels 2 and 5, suggesting that the most appropriated spectral bands combination for burned area mapping should include this near infrared region.

The results presented in this work will be employed to adjust spectral indices used in burned area mapping algorithms.

Análise da assinatura espectral no visível e infra-vermelho próximo de áreas queimadas em produtos MODIS



Renata LIBONATI^(1,2), Fabiano MORELLI⁽²⁾, Alberto SETZER⁽²⁾, Carlos DACAMARA⁽¹⁾ e José Miguel C. PEREIRA⁽³⁾

- (1) Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, Portugal. (risantos@fc.ul.pt)
 (2) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Satélites Ambientais, Brasil.
 (3) Departamento de Florestas, Instituto Superior de Agronomia, Portugal.



INTRODUÇÃO

Informações pormenorizadas e atualizadas sobre as distribuições espacial (localização e extensão) e temporal das queimadas e das áreas por elas afetadas em regiões tropicais é crucial para uma melhor gestão dos recursos naturais, e para estudos da química da atmosfera e das mudanças climáticas (Zhan et al., 2002). Neste domínio, o uso de satélites tem desempenhado um papel fundamental, com a possibilidade de aquisição de dados em áreas extensas e remotas, e ainda em tempo quase-real (Pereira et al., 1997). O presente trabalho analisa a variabilidade da assinatura espectral de áreas queimadas na faixa de 0,6um a 2,2 um no norte do estado do Mato Grosso, Brasil, utilizando dados de refletividade dos compostos de 32 dias das bandas 1 a 7 do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) do satélite AQUA da NASA. O objetivo principal foi identificar as bandas do compostos de 32 dias mais eficientes para um futuro mapeamento não supervisionado de áreas queimadas na região de estudo.

ÁREA DE ESTUDO E DADOS UTILIZADOS

Composto de 32 dias do sensor MODIS Universidade de Maryland – GLCF <http://glcf.umd.edu/>

- Período: 12 de Agosto a 12 de Setembro de 2004
- Resolução espacial: 500 metros
- Reflectância das bandas 1 a 7 (Tabela 1)
- Área: norte do estado do Mato Grosso, região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1)

Imagem do sensor TM/LANDSAT (órbita-ponto 224/68, 26-08-04)

Focos de calor identificados por satélites (período de 13-08-04 a 13-09-04), disponíveis no site do Programa PROARCO <http://www.dpi.inpe.br/proarco>

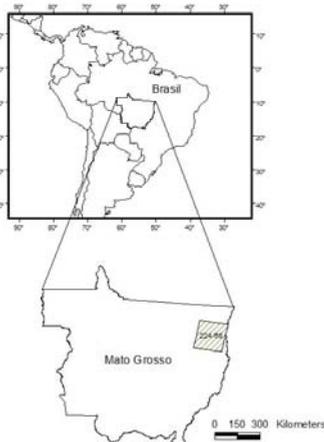


Figura 1. Estado do Mato Grosso, sua localização no Brasil e a posição da área de estudo definida pela imagem Landsat (órbita-ponto 224-68).

Canais	Bandas (mm)	Descrição
1	0,620 – 0,670	Vermelho
2	0,841 – 0,876	NIR
3	0,459 – 0,479	Azul
4	0,545 – 0,565	Verde
5	1,230 – 1,250	SWIR
6	1,628 – 1,652	SWIR
7	2,105 – 2,155	SWIR

Tabela 1. Canais do sensor MODIS utilizados no composto de 32 dias

METODOLOGIA

- Extração de pixels queimados e não queimados no composto MODIS através de comparação visual com as imagens Landsat e com os focos de calor.
- Análise de componentes principais (ACP) nas 7 bandas normalizadas do composto MODIS de 32 dias.
- A habilidade de cada banda e de cada componente principal em discriminar entre superfícies queimadas e outros tipos de cobertura do solo é avaliada em termos do índice de discriminação M (Kaufman & Remer, 1994):

$$M = \frac{\mu_{nq} - \mu_q}{\sigma_{nq} + \sigma_q}$$

μ_{nq} (σ_{nq}), μ_q (σ_q) média (desvio padrão) do conjunto de pixels não queimados e queimados

CONCLUSÃO

- Demonstrou-se que das bandas 1 a 7, a 2 (0,86 um, NIR) apresenta o sinal radiométrico das queimadas é mais destacado (maior índice de discriminação), concordando com resultados anteriores que consideram o NIR como a melhor região para detecção de queimadas em todos os tipos de cobertura vegetal.
- As bandas com os maiores peso na segunda CP, foram os canais 2 e 5, os quais, por sua vez, tiveram o melhor desempenho no índice de discriminação.
- Estes resultados sugerem que na faixa de 0,6um a 2,2um a combinação de bandas mais adequada para discriminar áreas queimadas na região de estudo deve incluir a região do infravermelho próximo, especificamente os canais 2 e 5.
- Os resultados deste trabalho serão empregados nos ajustes de índices espectrais e limiares utilizados no algoritmo de detecção de queimadas da Rede Latino-americana de Incêndios Florestais (RedLatif), a qual é parte do programa internacional *Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics* (GOF-C-GOLD). Atualmente o algoritmo de detecção de queimadas desenvolvido pela RedLatif, utiliza as banda 2 e 7 do composto MODIS de 32 dias.

RESULTADOS

- Ch2 apresenta o maior valor de discriminação, seguida da Ch5 (Tabela 2).
- As duas primeiras CPs explicam cerca de 94,4% da variância total dos dados.
- PC2 tem o maior índice M e explica ~25% da variância dos dados (Tabelas 3 e 4).
- PC7 tem um alto valor de M, porém explica somente 0,15% da variância dos dados: é essencialmente ruído! (Tabelas 3 e 4).

	Não queimada		Queimada		M
	μ	σ	μ	σ	
CP1	-0,09	0,07	-0,07	0,04	0,20
CP2	0,05	0,02	-0,20	0,05	3,70
CP3	-0,04	0,03	-0,05	0,03	0,18
CP4	0,04	0,03	0,03	0,03	0,07
CP5	0,01	0,01	0,00	0,01	0,46
CP6	0,01	0,01	-0,02	0,01	1,74
CP7	0,01	0,01	-0,02	0,01	3,16

	Não queimada		Queimada		M
	μ	σ	μ	σ	
Ch1	0,03	0,02	0,07	0,01	0,73
Ch2	0,29	0,02	0,10	0,03	4,07
Ch3	0,02	0,01	0,03	0,01	1,29
Ch4	0,05	0,01	0,05	0,01	0,29
Ch5	0,31	0,03	0,15	0,05	2,13
Ch6	0,17	0,05	0,17	0,05	0,04
Ch7	0,07	0,04	0,15	0,03	1,07

Tabela 2. Média e desvio padrão para as classes queimada e não queimada, assim como a separabilidade (índice M) entre as duas classes.

Tabela 3. Idem Tabela 2, mas para as componentes principais.

	Pesos							Auto-valores	Variância (%)
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	Ch7		
CP1	-0,44	0,01	-0,43	-0,43	-0,21	-0,43	-0,42	4,86	69,42
CP2	0,03	-0,72	0,18	-0,11	-0,61	-0,02	0,20	1,75	24,98
CP3	0,17	0,52	0,11	0,40	-0,67	-0,22	-0,12	0,22	3,11
CP4	0,14	-0,30	0,29	0,33	0,33	-0,70	-0,26	0,09	1,37
CP5	0,56	-0,24	-0,39	0,10	-0,03	0,30	-0,59	0,04	0,57
CP6	0,43	0,03	-0,57	-0,05	0,03	-0,38	0,56	0,03	0,40
CP7	-0,48	-0,21	-0,43	0,71	0,00	0,11	0,09	0,01	0,15

Tabela 4. Pesos, autovalores e variância explicada para as CPs obtidas com a ACP aplicada aos canais do composto.

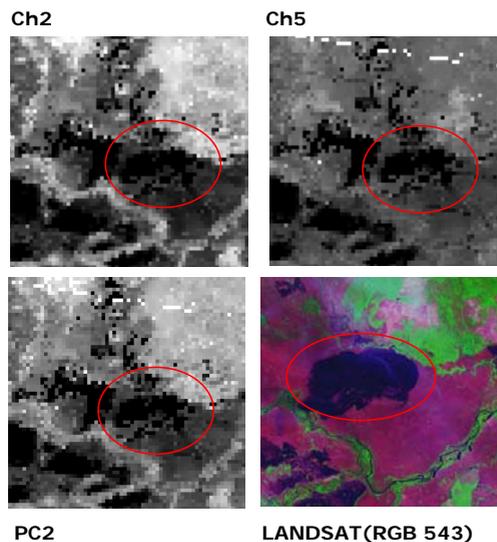


Figura 2. Bandas individuais do composto MODIS e composição RGB 543 do LANDSAT apresentando a área queimada (elipse vermelha) de onde foram extraídos os pixels para análise.

REFERÊNCIAS

- Pereira, J.M.C., Chuvieco, E., Beaudoin, A., & Desbois, N. (1997). Remote sensing of burned areas: a review. In: Chuvieco, E.; Ed. *A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires*. Alcalá de Henares, 127-183.
 Kaufman, Y.J. & Remer, L.A. (1994). Detection of forest using mid-IR reflectance: an application for aerosol studies. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32, 672-683.
 Zhan, X., Sohlberg, R.A., Townshend, J.R.G., Dimiceli, C., Carrol, M.L., Eastman, J.C., Hansen, M.C., & Defries, R.S. (2002). Detection of land cover changes using MODIS 250m data. *Remote Sensing of Environment*, 83, 336-350.

SELPER – CAPITULO COLOMBIA

ASOCIACION DE ESPECIALISTAS EN PERCEPCION
REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

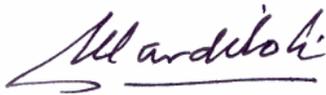
A QUIEN INTERESE

LA SUSCRITA PRESIDENTE CERTIFICO QUE:

**RENATA LIBONATI, FABIANO MORELLI, ALBERTO SETZER, CARLOS DA CAMARA E
JOSE MIGUEL CARDOSO PEREIRA**

PRESENTARON EL TRABAJO DE: ANALISE DA ASSINATURA ESPECTRAL NO VISIVEL E INFRA—VERMELHO PROXIMO DE AREAS QUEIMADAS EM PRODUCTOS MODIS, en el XII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica que se llevo a cabo en Cartagena-Colombia durante los días 24 al 29 de Septiembre de 2006.

Bogotá, 8 de Noviembre de 2006.



Myriam Ardila Torres
Presidente