

Influência da precipitação pluvial acumulada nas proporções das imagens fração geradas pelo Modelo Linear de Mistura Espectral

Fernando Comerlato Scottá¹
José Rodrigo Fernández Caresani¹
Eliana Lima da Fonseca¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Departamento de Geografia – Instituto de Geociências
Laboratório de Geotecnologias Aplicadas
Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS
fcscotta@gmail.com
josecaresani@hotmail.com
eliana.fonseca@ufrgs.br

Abstract. The aim of this study was to evaluate the influence of cumulative rainfall in the calculation of the proportions of the targets expressed in fraction images of Spectral Linear Mixing Model (SLMM) in the western state of Rio Grande do Sul. Three areas with different land uses were selected for analysis, being an area of rice cultivation, riparian forest and natural grassland. The SLMM was calculated from MODIS product MOD13Q1 data, which have a temporal resolution of 16 days and spatial resolution of 250 meters. Maps of biweekly rainfall data were created for comparison with data from the SLMM. Over each monitored area the rainfall data and fraction images were extracted, and after graphs were generated for analysis. Results indicate that the low cumulative rainfall caused an increase in the proportion of the soil fraction image, reducing the proportion of the vegetation and shadow fraction image. A large rainfall event caused the increase in the proportion of shade fraction image, due to spectral similarity of the water with the shadow. Thus, the influence of cumulative rainfall did not invalidate the processing of the SLMM, since the values of the standards expected fraction images were found, only was observed that the proportions of fraction images, have strong influenced by the hydrologic cycle.

Palavras-chave: shadow fraction, MODIS, Rio Grande do Sul, land use, fração sombra, MODIS, Rio Grande do Sul, uso da terra.

1. Introdução

Na aquisição de imagens orbitais, a radiância medida dependerá das características dos sensores e das características espectrais e espaciais dos alvos que são imageados (Shimabukuro & Smith, 1989). A radiância medida dentro do campo de visada instantânea (IFOV) do sensor é o somatório da radiância de todos os alvos presentes na área imageada, considerando a contribuição proporcional dos diferentes alvos presentes (Shimabukuro & Smith, 1991). Dessa forma, a radiância de cada pixel de uma imagem será resultado de uma mistura proporcional da radiância de todos os diferentes alvos adicionado da contribuição atmosférica (Shimabukuro & Smith, 1989; Shimabukuro & Smith, 1991).

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) é um processamento amplamente utilizado para a obtenção de informações sobre a proporção de radiância dos diferentes alvos em um pixel, gerando imagens que contêm a proporção de cada alvo no interior de cada pixel (imagens-fração). No MLME, a mistura espectral é considerada como uma relação linear (Shimabukuro e Ponzoni, 2007), na qual a soma da radiância dos alvos (solo, vegetação e sombra) corresponde a radiância total de determinado pixel.

Uma das maneiras de se calcular as imagens fração é feita individualizando na própria imagem original pixels que possuem radiância de apenas um alvo. Conhecendo um valor de radiância considerado puro para cada alvo (vegetação, solo e sombra) é possível realizar o cálculo do MLME. Geralmente são gerados imagens fração de vegetação, solo e sombra, presentes em praticamente qualquer cena terrestre (Shimabukuro e Ponzoni, 2007). Dessa forma, MLME pode ser entendido como um realce de informações (Shimabukuro e Ponzoni, 2007). Mas, um dos problemas na geração da imagem fração sombra é a discriminação desse

elemento com a água, devido à semelhança espectral que apresentam (Shimabukuro e Ponzoni, 2007; Polidoro et al., 2006). Dessa forma, a imagem fração sombra pode realçar tanto áreas de sombra como corpos d'água e áreas alagadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da precipitação pluvial acumulada no cálculo das proporções dos alvos puros expressas nas imagens fração do MLME, na região oeste do estado do Rio Grande do Sul.

2. Área de estudo

Três áreas com usos da terra distintos foram monitoradas, localizadas no oeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). A área 1 (ponto central: 28°53'00" S; 56°09'30" O), corresponde a uma área que no verão é utilizada para o cultivo de arroz e no inverno é mantida em pousio. A área 2 (ponto central: 28°34'12" S; 55°47'40" O) corresponde a uma área de mata ciliar. A área 3 (ponto central: 29°06'23" S; 55°58'45" O) corresponde a uma área de vegetação campestre natural.

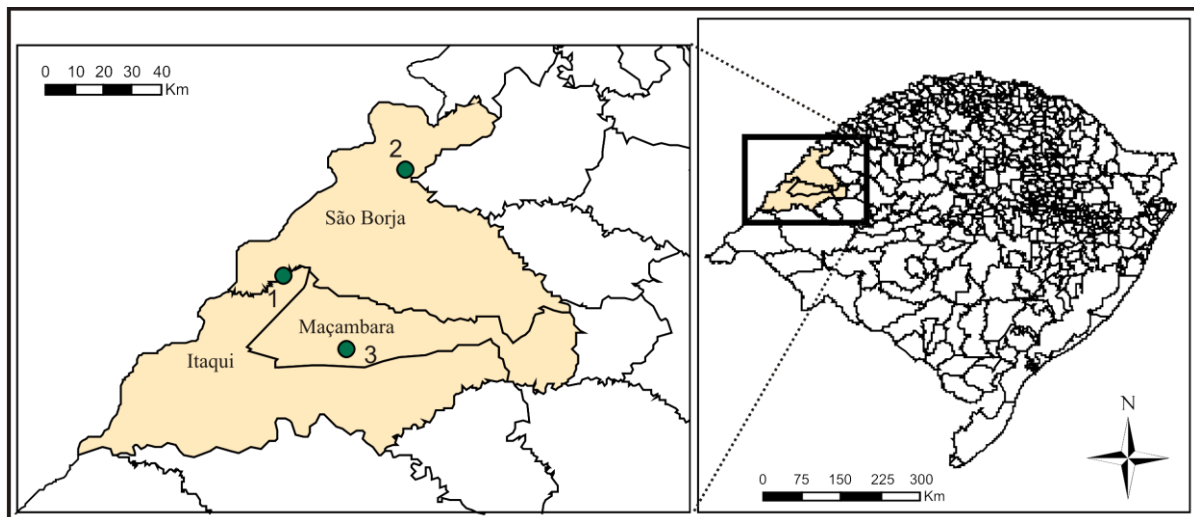


Figura 1. Localização da área de estudo. Os pontos verdes localizam as três áreas de estudo em relação aos municípios no estado do Rio Grande do Sul.

As três áreas foram individualizadas com o auxílio do aplicativo Google Earth (Google, 2010), que possui uma boa resolução espacial, permitindo a identificação dos diferentes usos da terra sobre as imagens de satélite. Os limites das áreas foram vetorizados sobre as imagens disponibilizadas nesse aplicativo de forma a incluir somente os alvos de interesse (Figura 2).

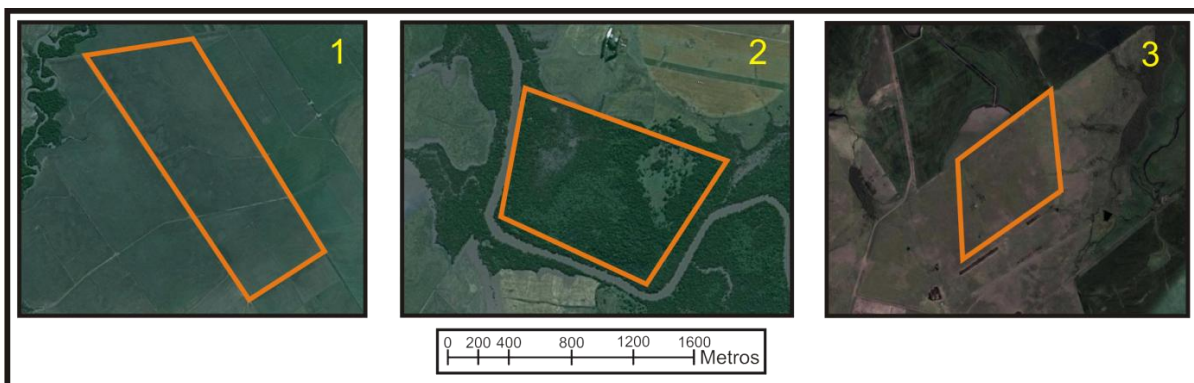


Figura 2. Áreas monitoradas vista em detalhes a partir de imagens disponíveis no aplicativo Google Earth, onde podem ser identificados os diferentes usos do solo: 1 – cultivo de arroz; 2 – mata ciliar; 3 – vegetação campestre natural.

3. Metodologia do trabalho

O período de estudo foi compreendido entre os dias 22 de março a 16 de novembro de 2007, em função da disponibilidade de dados processados. As imagens utilizadas neste trabalho são provenientes do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), que está a bordo do satélite Terra e Aqua. Foram utilizadas imagens do produto MOD13Q1 (satélite Terra) para o ano de 2007, o qual possui uma resolução espacial de 250 metros. O produto MOD13Q1 possui imagens de máximo índice de vegetação para uma composição temporal de 16 dias, sendo disponibilizadas 23 composições para cada ano civil. Esse produto fornece também uma imagem das bandas do azul, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, adquiridas em um dos 16 dias considerados para o cálculo dos índices de vegetação (Nasa, 2010a).

As imagens utilizadas foram identificadas pelo dia Juliano referente ao primeiro dia da composição de 16 dias e estão apresentadas na Tabela 1. Três composições desse período (11, 15 e 19) não foram utilizadas por não estarem disponíveis, na data de realização desse trabalho, no banco de dados *Earth Observing System Clearing HOuse (ECHO) / Warehouse Inventory Search Tool (WIST)*, no qual as imagens MODIS são disponibilizadas.

Tabela 1 – Relação das imagens utilizadas no trabalho, identificando o número anual da composição, o período da composição no calendário Gregoriano e o dia Juliano pelo qual a composição é identificada (Nasa, 2010a).

Nº da Composição	Dia Juliano	Período da Composição
6	81	22 de março a 08 de abril
7	97	09 de abril a 22 de abril
8	113	23 de abril a 08 de maio
9	129	09 de maio a 24 de maio
10	145	25 de maio a 09 de junho
12	177	26 de junho a 11 de julho
13	193	12 de julho a 27 de julho
14	209	28 de julho a 12 de agosto
16	241	29 de agosto a 13 de setembro
17	257	14 de setembro a 29 de setembro
18	273	30 de setembro a 15 de outubro
20	305	01 de novembro a 16 de novembro

Para o cálculo do MLME foi criado um banco de dados georreferenciado utilizando o aplicativo Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versão 4.3.3. As imagens do produto MOD13Q1 são distribuídas no formato HDF (*Hierarchical Data Format*), já com correção geométrica e atmosférica (Qu et al., 2006). Para importar as imagens para o banco de dados foi necessária a conversão para o formato GEOTIFF, a qual foi feita no aplicativo Modis Reprojection Tools (Nasa, 2010b), que possibilita a manutenção das correções originalmente feitas na imagem. No aplicativo Spring para o cálculo do MLME as imagens precisam estar quantizadas em 8 bits, assim para a transformação das imagens de 16 bits para 8 bits foi utilizado o aplicativo ConvertGeotiff (Arai et al., 2005).

Foram utilizadas as imagens das bandas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio para o cálculo das imagens-fração referentes à proporção da vegetação, solo e sombra no interior de cada pixel, que são os alvos que normalmente compõem os pixels de uma área agrícola (Campbell, 2006) e contribuem para a radiância detectada pelo sensor. Foram selecionados pixels puros dos três alvos de interesse para calcular as proporções em cada um dos 12 períodos avaliados. Para verificar a correta seleção dos pixels puros, foi

avaliada a resposta espectral dos mesmos e comparados com as curvas teóricas padrão desses alvos (Madeira Netto, J. S, 2001; Novo, E. M. L. M, 2001; Ponzoni, F, J, 2001). O método mínimos quadrados com restrições foi utilizado no processamento sendo geradas as três imagens-fração (vegetação, solo e sombra) para cada um dos 12 períodos avaliados, juntamente com as imagens erros para cada banda.

Para avaliar a influência da precipitação pluvial acumulada nos valores das imagens-fração calculados pelo MLME foram utilizados os dados diários do ano de 2007 coletados em 32 estações meteorológicas, que cobrem todo o estado do Rio Grande do Sul, os quais foram agrupados em períodos de 16 dias, coincidentes com os períodos das composições das imagens do produto MOD13Q1, apresentados na Tabela 1. Esses dados foram importados para um banco de dados georreferenciados construído com o aplicativo Spring (versão 5.1) e interpolados espacialmente utilizando o interpolador “inverso do quadrado da distância” sobre uma grade com 5 km de resolução espacial para cada um dos períodos avaliados (mapas de precipitação pluvial acumulada).

Para avaliar a influência da precipitação pluvial nos valores calculados das imagens-fração, os limites das três áreas monitoradas, definidos no aplicativo Google Earth, foram importados para o banco de dados georreferenciados. Utilizando a ferramenta “estatísticas de imagem por polígono” os valores de todos os pixels do interior das três áreas referentes às imagens-fração vegetação, solo e sombra, foram coletados e exportados para uma tabela não-espacial, dentro do banco de dados georreferenciados. O mesmo procedimento foi realizado para os dados de precipitação pluvial acumulada. Essas tabelas foram exportadas para um aplicativo de planilha eletrônica, onde foram analisados. Para a construção dos gráficos foi utilizado o valor da média de todos os pixels do interior das três áreas de estudo que foram desenhados no eixo das ordenadas, frente a sua variação temporal (dia Juliano) que foi representada no eixo das abscissas.

Os gráficos de precipitação pluvial acumulada e das proporções das imagens frações das três áreas monitoradas foram comparados com o objetivo de analisar a influência da precipitação pluvial nas proporções calculadas pelo MLME. A Figura 3 apresenta de forma esquemática o fluxograma do trabalho.

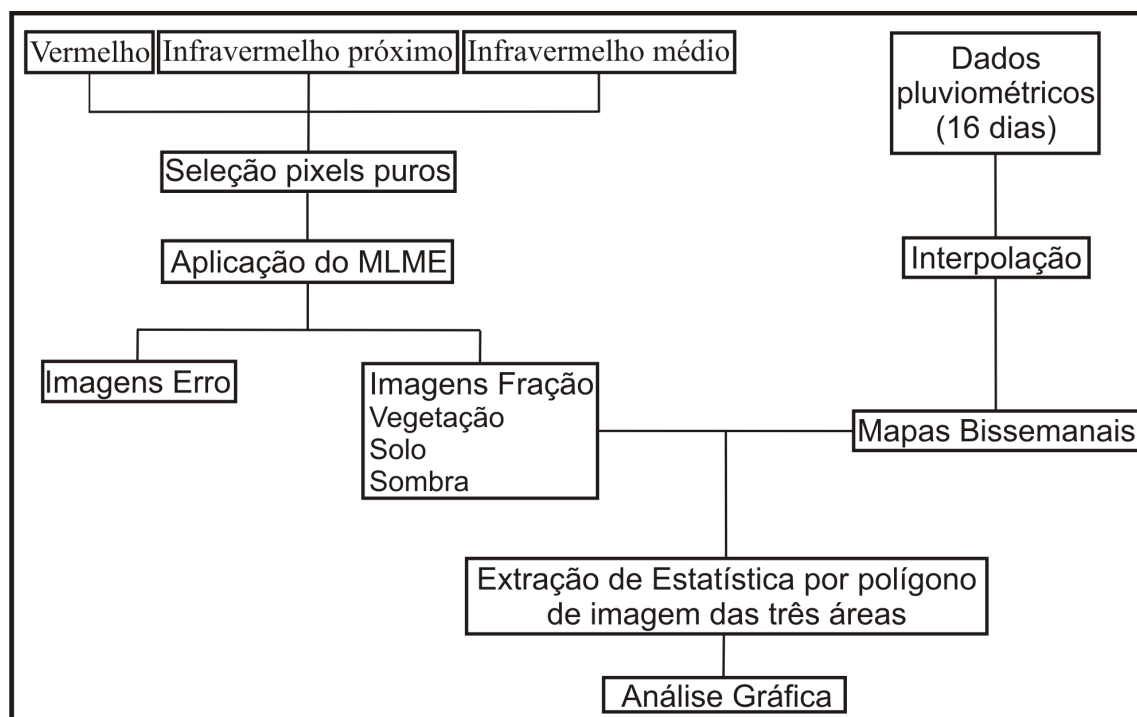


Figura 3. Fluxograma de processamentos dos dados.

4. Resultados e discussões

A Figura 4 representa o cultivo de arroz (área 1), que apresentou um padrão de maior proporção da imagem fração solo. No período analisado, a proporção da imagem fração sombra e vegetação são baixas, tendo valores abaixo de 20% em quase todos os períodos. A grande proporção de solo nessa área é devido à ausência de cultivo nessa época do ano, sendo mantida em pousio. Dessa forma, os valores de vegetação em áreas agrícolas devem ser maiores durante o período do início de dezembro até o final de março (Jacóbsen et al, 2003), estando esse período fora da análise do trabalho. Por essa razão observa-se um pequeno valor na proporção da imagem-fração vegetação, estando o solo exposto e a vegetação rasa nesta área. A pequena quantidade de proporção na imagem-fração sombra é explicada pela pequena presença de sombra no alvo.

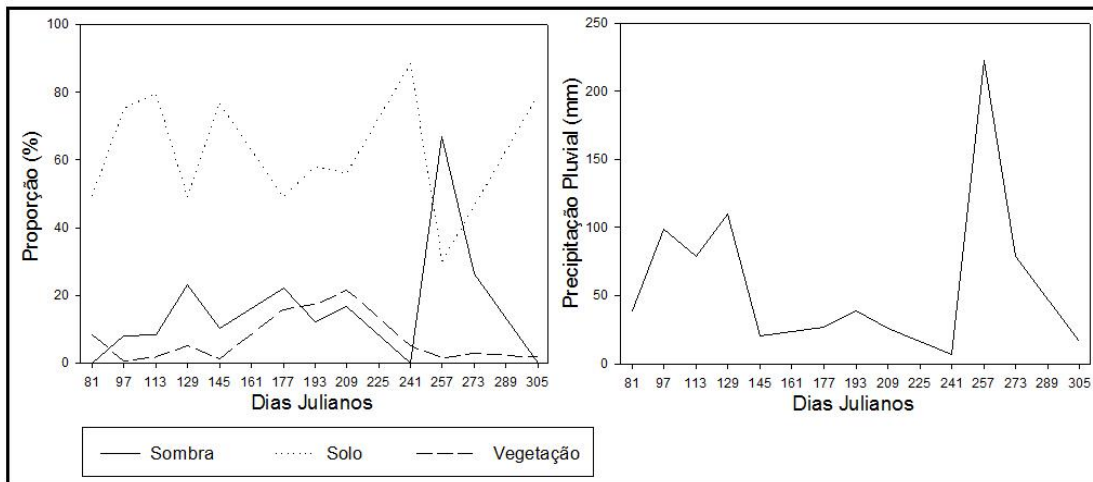


Figura 4. Gráficos da proporção das imagens fração e precipitação pluvial da área 1.

A área de mata ciliar (área 2) é representada no gráfico da Figura 5. A proporção da imagem solo também é predominante, porém os valores de proporção são menores quando comparados a área 1. Por ser uma área de mata ciliar, a proporção da imagem fração vegetação é maior do que na área 1. Observa-se uma diminuição da proporção da vegetação desde o dia 113 até o dia 241, sendo resultados semelhantes aos resultados para florestas encontrados por Jacóbsen et al (2003). Esse comportamento pode ser explicado pelas baixas temperaturas durante essa época do ano e também por valores baixos de precipitação pluvial registrados durante os dias 145 a 241, provocando a diminuição da vegetação na área.

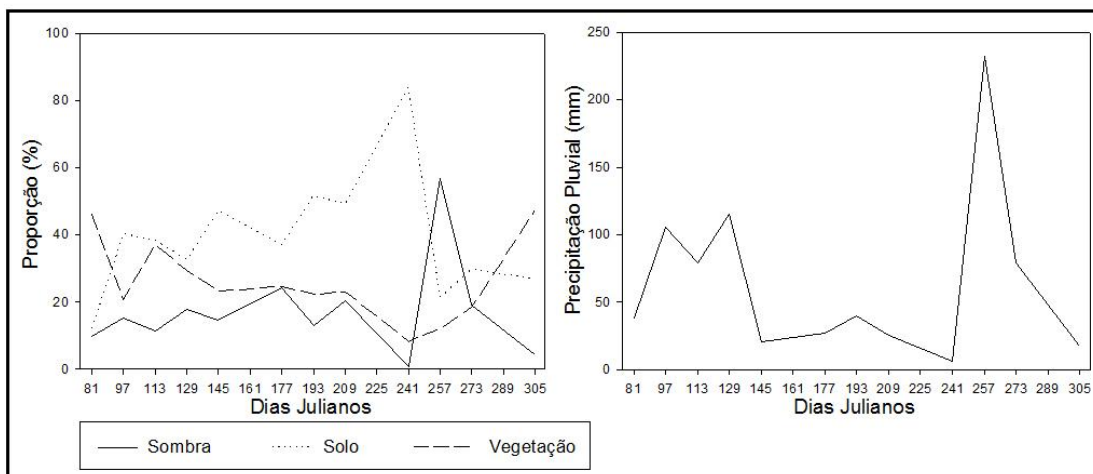


Figura 5. Gráficos da proporção das imagens fração e precipitação pluvial da área 2.

O gráfico da área de vegetação campestre natural (área 3) corresponde a Figura 6, tendo a imagem fração solo a maioria da proporção em quase todas as imagens, com exceção dos dias 81 e 257. A predominância da proporção solo também é explicada por baixos valores de vegetação encontrados para essa época do ano (Jacóbsen et al, 2003), causado pelas baixas temperaturas nessa época do ano e por baixos valores de precipitação pluvial encontrados durante os dias Julianos 145 a 241.

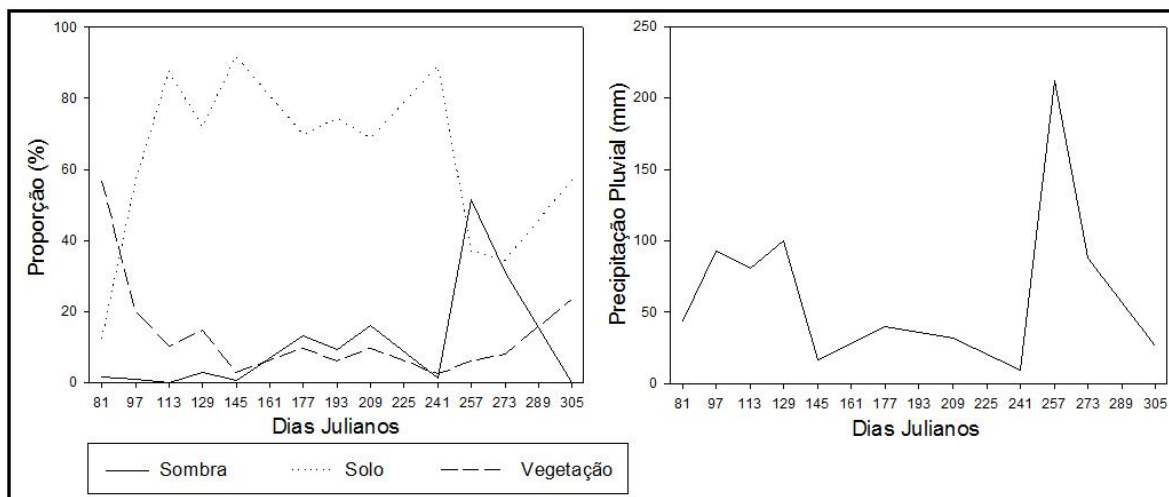


Figura 6. Gráficos da proporção das imagens fração e precipitação pluvial da área 3.

Os três gráficos mostram que no dia 241 (29 de agosto a 13 de setembro) a proporção da imagem fração solo está acima de 80% nas três imagens das Figuras 4, 5 e 6. Também é registrada uma pequena proporção da imagem fração vegetação, sendo o valor mais alto registrado na área 2 (em torno de 10%), por ser uma área de mata ciliar. O baixo valor de proporção da imagem fração vegetação pode ser explicado pelas baixas temperaturas e por baixos valores de precipitação pluvial durante esse dia (Figuras 5, 6 e 7), registrando valores próximos de zero milímetros.

Adicionado a esse dia de ausência de precipitação pluvial, pode-se observar um longo período de precipitações abaixo de 50 milímetros desde o dia 145 (25 de maio a 09 de junho) até o dia 241. Esse longo período com baixos valores de precipitação pluvial favorecem a diminuição da vegetação nas áreas de estudo, causando a diminuição da proporção da imagem fração vegetação e aumentado a proporção da imagem fração solo. O aumento da proporção da imagem fração solo e a diminuição da proporção da imagem fração vegetação pode ser observado a partir do dia 209 nas Figuras 4, 5 e 6.

No dia 257 observa-se um grande evento de precipitação pluvial nas três áreas analisadas. Os gráficos mostram que no dia 257 foi registrado precipitação pluvial de 222 mm, 231 mm e 212 mm nas áreas 1, 2 e 3, respectivamente. No mesmo dia, a imagem fração sombra apresenta um grande aumento de proporção, onde não poderiam ser resultantes apenas da sombra dos alvos, visto que a área 1 (cultivo de arroz) e a área 3 (pastagem) não deveriam apresentar altas proporções de sombra pela característica dos seus alvos, sendo esperado um valor de proporção próximo a zero. A área 2, por ser uma área de mata ciliar, poderia apresentar maior quantidade de sombra (devido as características do alvo).

O valor de proporção da imagem fração sombra é aumentado pelo evento de precipitação pluvial em função da semelhante resposta espectral da água com a sombra (Shimabukuro e Ponzoni, 2007; Polidório *et al.* 2006). Portanto, nesse dia a imagem fração sombra realçou valores de sombra e corpos d'água alagados nas áreas analisadas.

5. Conclusões

A criação dos gráficos mostrou a influência da precipitação pluvial nas proporções das imagens fração. O período de escassez de precipitação pluvial apresentou uma diminuição dos valores proporcionais de vegetação e sombra, aumentando a proporção da imagem fração solo. O período de precipitação mostrou um aumento na proporção da imagem fração sombra, isto porque existe grande semelhança espectral entre água e sombra (Shimabukuro e Ponzoni, 2007; Polidorio *et al.* 2006). A proporção de vegetação não apresentou um aumento significativo com a ocorrência do evento de precipitação pluvial.

Dessa forma, conclui-se que a seleção dos valores de pixels puros com influência da precipitação pluvial não invalida o processamento do MLME, pois as imagens mostraram comportamento adequado com o padrão esperado pelos alvos (Jacóbsen et al, 2003). Os valores de proporção das imagens fração que foram alterados no processamento do MLME, sendo influenciados pelo ciclo hidrológico.

Referências Bibliográficas

Arai, E.; Freitas, R. M.; Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E. . Análise Radiométrica de Imagens MOD09 em 16bits e 8bits. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3983-3990. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.12.49/doc/3983.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

Campbell, J. B. **Introduction to Remote Sensing**. 4. ed. New York: Taylor & Francis, 2006.

Jacóbsen, L. O.; Fontana, D. C.; Shimabukuro, Y. E. Alterações na vegetação em macrozonas do Rio Grando do Sul associados a eventos El Niño e La Niña, usando imagens NOAA. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n.2 , p.360-374, 2003.

Google. **Google Earth Web Site**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em 18 de outubro de 2010.

Madeira Netto, J. S. Comportamento Espectral de Solos. In: Menezes, P. R.; Netto, J. da S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Unb, 2001. Cap. 4, p. 127-154.

NASA A. National Aeronautics and Space Administration. **MODIS Web Site**. Disponível em: <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>>. Acesso em 10 de agosto de 2010.

NASA B. National Aeronautics and Space Administration. **Land Processes Distributed Active Archive Center**. Disponível em: <<https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac>>. Acesso em 10 de agosto 2010b.

Novo, E. M. L. M. Comportamento Espectral da Água. In: Menezes, P. R.; Netto, J. da S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Unb, 2001. Cap. 6, p. 203-222.

Polidorio, A. M. et al. Detecção e discriminação de sombras, nuvens e corpos d' água em imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 03, p.223-232, 2006.

Ponzoni, F. J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: Menezes, P. R.; Netto, J. da S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Unb, 2001. Cap. 5, p. 157-199.

Shimabukuro, Y. E; Smith, J. A. **Imagens sombra para áreas reflorestadas de Eucalyptus e Pinus obtidas de medidas multiespectrais do Landsat.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1989. 6 p. (INPE-4825-PRE/1426).

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, p. 16-20,

1991. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=103288&isnumber=3192>>. Acesso em: 23 de julho de 2010.

Shimabukuro, Y. E; Ponzoni, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José Dos Campos: Parêntese, 2007. 135 p.

Xiong, X; Barnes, W. MODIS Calibration and Characterization. In: QU, J J et al. **Earth science satellite remote sensing: Data, Computational Processing, and Tools**. Berlim: Springer, 2006. Cap. 5, p. 77-97.