

Balço de radiação em áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo nas safras 2006/2007 e 2007/2008

Gabriel de Oliveira¹
Elisabete Caria Moraes¹
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
CEP 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{gdo, bete, bernardo}@dsr.inpe.br

Abstract. Net radiation and its components are critical variables to estimate water losses by vegetated surfaces. Therefore, they are relevant in the planning of agricultural activities such as sugarcane cultivation. This study aimed to estimate the albedo and surface energy fluxes in São Paulo state and evaluate the behaviour of the radiation balance in sugarcane expansion areas in the crop years 2006/2007 and 2007/2008. MODIS/Aqua data acquired at two dates (23/08/2006 and 16/08/2007) and the SEBAL model were used in this evaluation. Air temperature was measured at the agroclimatological station of São Carlos, located in the central-eastern part of São Paulo state. The MODIS/Aqua products were: reflectance and surface temperature (MYD09GQ, MYD09GA and MYD11A1). The sugarcane expansion from 2006 to 2007 was mapped by the Canasat Project. In general, the data estimated by the SEBAL model responded to the land use change and the rainfall intensity observed prior to the satellite data acquisitions. Moreover, the values obtained for the sugarcane areas were consistent with observational studies conducted in the state of São Paulo in similar periods. The results indicate that the methodology has potential for studies involving water availability for crop growth suggesting the use of a larger number of remote sensing images to cover a broader range of sugarcane growth stages.

Palavras-chave: albedo, imagens MODIS/Aqua, modelo SEBAL, áreas agrícolas, albedo, MODIS/Aqua images, SEBAL model, agricultural areas.

1. Introdução

A região centro-sul do Brasil é responsável por 90% da produção de cana-de-açúcar do país. Devido principalmente ao início da produção de carros no Brasil que utilizam biocombustíveis foi verificada, no período de 2005 a 2010, a expansão de áreas de cultivo da cana-de-açúcar nessa região de 4,24 milhões de hectares. Somente no estado de São Paulo foi constatado um incremento de 2,27 milhões de hectares para esse período (Adami et al., 2012). Assim, torna-se necessário um melhor conhecimento acerca desses novos ambientes de produção, de modo, por exemplo, a obter informações relacionadas às condições térmicas e hídricas da superfície e atmosfera vizinha em áreas ocupadas por lavouras de cana-de-açúcar (André et al., 2010).

Os processos radiativos ocorrentes na superfície terrestre são de grande importância para a redistribuição de umidade e calor no solo e na atmosfera (Bastiaanssen et al., 1998). O conhecimento do balanço de radiação e seus componentes é fundamental na estimativa das perdas de água por superfícies vegetadas, sendo, dessa forma, útil para o planejamento de atividades agrícolas, como o cultivo da cana-de-açúcar. De um modo geral o balanço de radiação é obtido por saldo radiômetros instalados em estações de superfície, no entanto, estes instrumentos possuem um alto custo e são válidos somente para áreas com pequena dimensão (Gomes, 2009).

Nesse contexto, a utilização de dados de sensoriamento remoto surge como alternativa, pois possibilita determinar os fluxos energéticos em superfície com vasta cobertura espaço-temporal. O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo das plataformas Terra e Aqua, apresenta algumas características como: cobertura global, alta resolução radiométrica, intervalos dinâmicos de calibração nas bandas do visível, infravermelho próximo, médio e termal (Rojas et al., 2002) que o tornam um instrumento promissor para os mais diversos estudos de cunho ambiental. Deste modo, a utilização de

dados do sensor MODIS para estimativa e avaliação dos fluxos de superfície pode ser realizada por intermédio de modelagem, com entrada de dados extraídos de imagens, como reflectância da superfície e índices de vegetação. O modelo *Surface Energy Balance Algorithms for Land* (SEBAL) tem se destacado pelo fato de necessitar de dados de sensores orbitais complementados por reduzidas informações de superfície (Bhattarai et al., 2012).

Frente ao exposto, este estudo teve como objetivo estimar, a partir de dados MODIS/Aqua com base no modelo SEBAL, o albedo e os fluxos de energia superficiais no estado de São Paulo em duas datas (23/08/2006 e 16/08/2007) e avaliar o comportamento do balanço radiativo da superfície em áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar nos anos-safra 2006/2007 e 2007/2008.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

O estado de São Paulo está localizado na região sudeste do Brasil, entre as latitudes 19° 50' S e 24° 30' S e longitudes 44° 00' W e 53° 30' W, e ocupa uma área de aproximadamente 248.000 km². O plantio da cana-de-açúcar concentra-se principalmente nas regiões oeste e centro-norte do estado. A Figura 1 ilustra a localização do estado no Brasil, bem como a localização da estação agroclimatológica de São Carlos, utilizada para obtenção de parâmetros de entrada no modelo SEBAL.

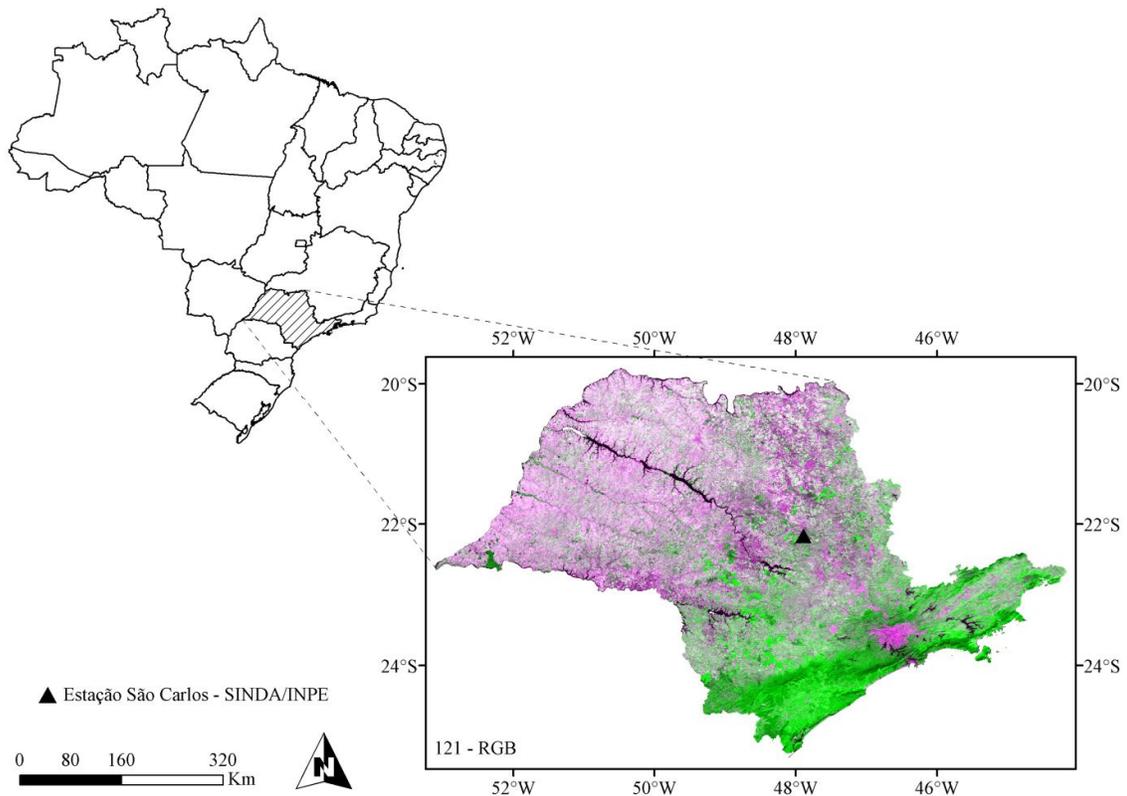


Figura 1. Localização do estado de São Paulo. A composição colorida foi obtida com dados adquiridos pelo sensor MODIS/Aqua (MYD09GQ) de 23/08/2006.

2.2 Dados meteorológicos e orbitais

Os dados de superfície foram advindos do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) (<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>). As variáveis necessárias para o estudo

(temperatura do ar e precipitação) foram medidas na estação agroclimatológica de São Carlos, localizada na região centro-leste do estado de São Paulo, e utilizadas tanto para definição das imagens a serem utilizadas no estudo quanto para inserção direta no modelo SEBAL nos dias de implementação (23/08/2006 e 16/08/2007).

Para a estimativa dos componentes do balanço de radiação no estado de São Paulo foram utilizados dados orbitais MODIS/Aqua referentes aos dias 23/08/2006 e 16/08/2007. Cabe salientar que para a escolha das datas levou-se em consideração principalmente a ausência (ou mínima presença) de nebulosidade nas imagens. Esses dados foram adquiridos na forma de produtos através do *Land Processes Distributed Active Archive Center (LPDAAC)/United States Geological Survey (USGS)*. Os produtos MODIS utilizados neste trabalho foram os seguintes: MYD09GQ - Surface Reflectance Daily L2G Global 250m SIN Grid; MYD09GA - Surface Reflectance Daily L2G Global 1km and 500m SIN Grid; e MYD11A1 - Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid Day. As imagens MODIS foram inicialmente tratadas no aplicativo MODIS *Reprojection Tool (MRT)*, onde foram efetuadas operações de reprojeção e mosaicagem. Com as imagens inicialmente tratadas foi efetuada, no programa ENVI 4.5, a reamostragem dos *pixels* dos produtos MYD09GA e MYD11A1 para 250 m, de modo a padronizar a resolução espacial dos resultados do SEBAL.

2.3 Áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar

O mapeamento do cultivo da cana-de-açúcar foi realizado pelo Projeto Canasat (<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>), conforme metodologia detalhada em Rudorff et al. (2010). Essa metodologia se baseia na interpretação visual de imagens TM/Landsat 5 adquiridas em fases específicas do calendário agrícola da cana-de-açúcar e permite identificar as áreas em reforma com cana de ano e meio, as áreas efetivamente reformadas com cana de ano e meio e as novas áreas de cultivo (ou expansão¹) e conseqüentemente determinar as áreas disponíveis para colheita na safra considerada. Por exemplo, para a identificação de novas áreas de cultivo no ano-safra 2007/2008 foram utilizadas imagens adquiridas em setembro/novembro de 2006, pois nesses meses já é possível identificar a resposta espectral característica do cultivo de cana-de-açúcar; e em abril de 2007, quando é possível certificar que as áreas identificadas previamente estarão disponíveis para colheita. Imagens de janeiro e março de 2007 foram utilizadas para identificar as áreas em reforma com cana de ano e meio, indisponíveis para colheita na safra em questão.

Esses dados foram obtidos sob forma de arquivos vetoriais e editados no programa ARCGIS 9.3 de modo a identificar se as áreas mapeadas como expansão em determinado ano-safra já haviam sido colhidas ou estavam ainda disponíveis para colheita nos dias avaliados (23/08/2006 e 16/08/2007). Cabe destacar que nessa etapa as áreas não foram separadas de acordo com seu estágio de desenvolvimento, sendo analisado somente se apresentavam resposta espectral típica da cana-de-açúcar. De porte dos polígonos editados foram efetuados recortes sobre as imagens de temperatura da superfície, NDVI, albedo, radiação infravermelha termal (IVT) incidente na superfície, radiação IVT emitida pela superfície e balanço de radiação, e extraídos os valores médios de cada variável. Tanto os recortes quanto os cálculos das estatísticas foram realizados no programa ENVI 4.7.

2.4 Implementação do modelo SEBAL

A implementação do SEBAL se deu através do programa ERDAS IMAGINE 9.1 e os mapas correspondentes às estimativas foram elaborados no programa SURFER 10. O balanço

¹ Áreas que nas safras anteriores eram destinadas a outros usos da terra e na safra corrente estão sendo cultivadas com cana-de-açúcar e estarão disponíveis para colheita pela primeira vez. Lavouras de cana-de-açúcar que foram convertidas em outros usos por um período igual ou maior a duas safras e voltaram a ser cultivadas com cana-de-açúcar também se inserem nessa classe.

de radiação para o momento de passagem do sensor MODIS/Aqua ($\approx 13h30$) foi obtido conforme descrito na equação a seguir (Bastiaanssen et al., 1998):

$$R_n = (1 - \alpha_s) K \downarrow + L \downarrow - L \uparrow - (1 - \varepsilon_s) L \downarrow \quad (1)$$

em que R_n é o balanço de radiação na superfície ($W m^{-2}$), α_s é o albedo da superfície, $K \downarrow$ representa a radiação solar incidente na superfície ($W m^{-2}$), $L \downarrow$ é a radiação IVT incidente na superfície ($W m^{-2}$), $L \uparrow$ é a radiação IVT emitida pela superfície ($W m^{-2}$) e ε_s é a emissividade da superfície.

As estimativas de albedo foram realizadas de acordo com o estudo de Liang (2001):

$$\alpha_s = 0,160\alpha_1 + 0,291\alpha_2 - 0,243\alpha_3 - 0,116\alpha_4 - 0,112\alpha_5 + 0,081\alpha_7 - 0,0015 \quad (2)$$

em que α_i ($i=1$ a 7) é a reflectância *in-band* da superfície correspondente às bandas 'i' do sensor MODIS.

Para o cálculo da emissividade da superfície, inicialmente foi necessário calcular tais índices de vegetação: o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e o índice de área foliar (LAI) (Allen et al., 2002). Destarte, para o cômputo da emissividade da superfície aplicou-se a seguinte equação:

$$\varepsilon_s = 0,95 + 0,01LAI \quad (3)$$

A Equação 3, no entanto, só é adequada para os *pixels* que apresentarem NDVI maior que zero. Para os *pixels* com NDVI negativo, foi adotada $\varepsilon_s=0,985$ (Allen et al., 2002).

A radiação solar incidente foi calculada através da expressão:

$$K \downarrow = \tau S_0 \left(\frac{d_m}{d} \right)^2 \cos \theta_z \quad (4)$$

em que S_0 corresponde a constante solar ($1367 W m^{-2}$), θ_z corresponde ao ângulo solar zenital (radianos), d_m e d são, respectivamente, as distâncias média e instantânea entre a Terra e o Sol e τ corresponde a transmitância da atmosfera no instante da passagem do satélite.

O cálculo da transmitância atmosférica se deu de acordo com Allen et al. (2002):

$$\tau = 0,75 + 2 \times 10^{-5} z \quad (5)$$

em que z é a altitude (m) no *pixel* da estação meteorológica utilizada para entrada de dados do SEBAL.

A radiação IVT incidente na superfície foi computada a partir da equação de Stefan-Boltzmann:

$$L \downarrow = \varepsilon_a \sigma T_a^4 \quad (6)$$

em que ε_a é a emissividade da atmosfera, σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W m^{-2} \cdot K^{-4}$) e T_a é a temperatura do ar próxima à superfície (K).

Como visto na Equação 6, um dos termos que se insere na equação de Stefan-Boltzmann é a emissividade da atmosfera, que neste estudo foi assim calculada:

$$\varepsilon_a = 0,85 (-\ln \tau)^{0,09} \quad (7)$$

O cômputo da radiação IVT emitida pela superfície foi obtido utilizando-se a equação de Stefan-Boltzmann:

$$L \uparrow = \varepsilon_s \sigma T_s^4 \quad (8)$$

em que T_s é a temperatura da superfície (K).

3. Resultados e Discussão

Na Figura 2 é apresentada a distribuição espacial do NDVI no estado de São Paulo para os dias 23/08/2006 e 16/08/2007. Os valores médios de NDVI para as imagens de 2006 e 2007 foram 0,467 e 0,534, respectivamente, ou seja, verificou-se um aumento no valor médio na imagem de NDVI de $\approx 14\%$. Em ambas as imagens, os valores mais baixos de NDVI se referem aos corpos de água, enquanto os valores de maior magnitude estão relacionados a

áreas de vegetação arbórea (cerrado e mata atlântica). Observa-se que houve uma variação do NDVI nas duas datas, visto que grande parte dos valores na imagem de 16/08/2007 são superiores aos da imagem de 23/08/2006. Uma breve análise das medidas de precipitação na estação agroclimatologia de São Carlos e mais 11 estações do SINDA/INPE ao longo do estado de São Paulo nos seis dias anteriores a aquisição dos dados orbitais apontou para a existência de um período mais úmido em agosto de 2007. Assim, essa variação do NDVI possivelmente está relacionada à maior disponibilidade hídrica no sistema solo-vegetação-atmosfera em 16/08/2007.

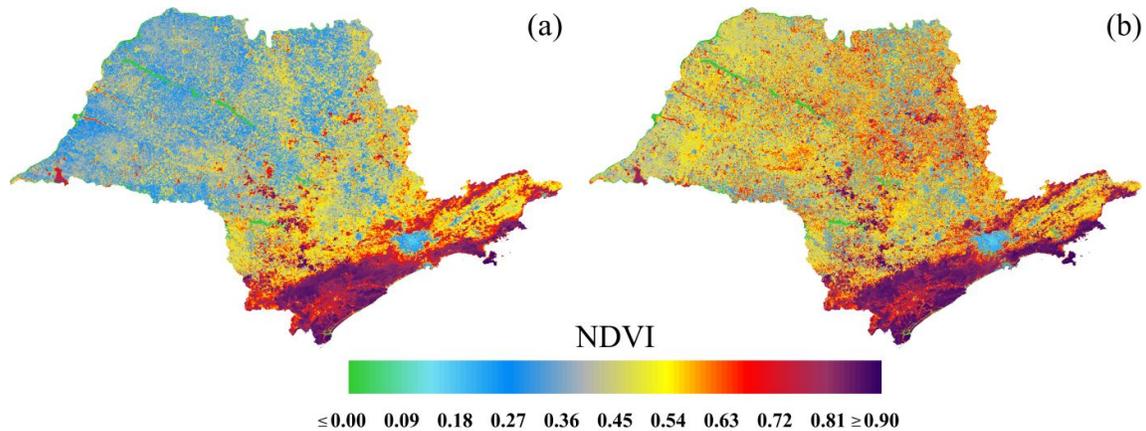


Figura 2. Distribuição espacial do NDVI no estado de São Paulo nos dias 23/08/2006 (a) e 16/08/2007 (b).

A Figura 3 mostra a distribuição espacial do albedo para as datas de estudo. A média dos valores de albedo no estado de São Paulo foi 0,176 em 23/08/2006 e 0,137 em 16/08/2007. Assim, verifica-se uma diminuição no valor médio na imagem de albedo em 16/08/2007 de $\approx 22\%$. Nas imagens de albedo os menores valores estão associados aos corpos de água e áreas de vegetação arbórea, enquanto que os maiores referem-se a áreas de pastagem e solo com pouca vegetação. Apesar das duas imagens serem de datas próximas, em cada um dos anos analisados, e apresentarem praticamente o mesmo ângulo zenital solar foi observada uma significativa diferença nos valores de albedo em todo estado. Cabe salientar que a existência de valores mais baixos de albedo na imagem de 2007 pode estar relacionada à ocorrência de eventos de precipitação mais próximos ao dia de aquisição desse dado, que em relação ao dia 23/08/2006.

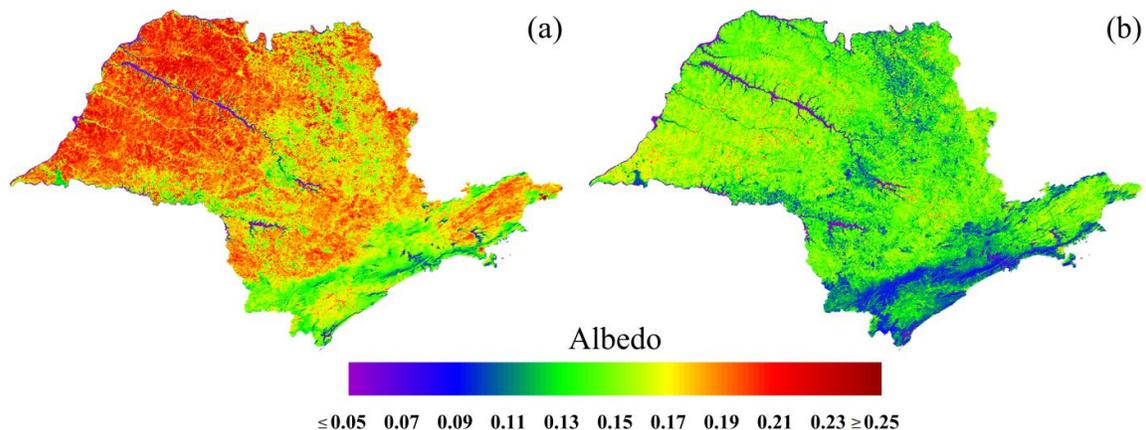


Figura 3. Distribuição espacial do albedo no estado de São Paulo nos dias 23/08/2006 (a) e 16/08/2007 (b).

Com relação às imagens de balanço de radiação (Rn) (Figura 4), os valores médios foram de 537,0 e 556,2 $W m^{-2}$ para 23/08/2006 e 16/08/2007, respectivamente, evidenciando um aumento no valor médio de Rn na imagem de 2007 da ordem de 3,6%. De modo geral, verifica-se que áreas com maiores valores de Rn estão associadas a menores valores de albedo, enquanto áreas com menores valores de Rn estão associadas a valores mais elevados de albedo. Esse aspecto deixa clara a atuação das propriedades da superfície na reflexão da radiação solar, e sua relação com o total de energia disponibilizado à superfície para os processos de balanço de energia de uma região.

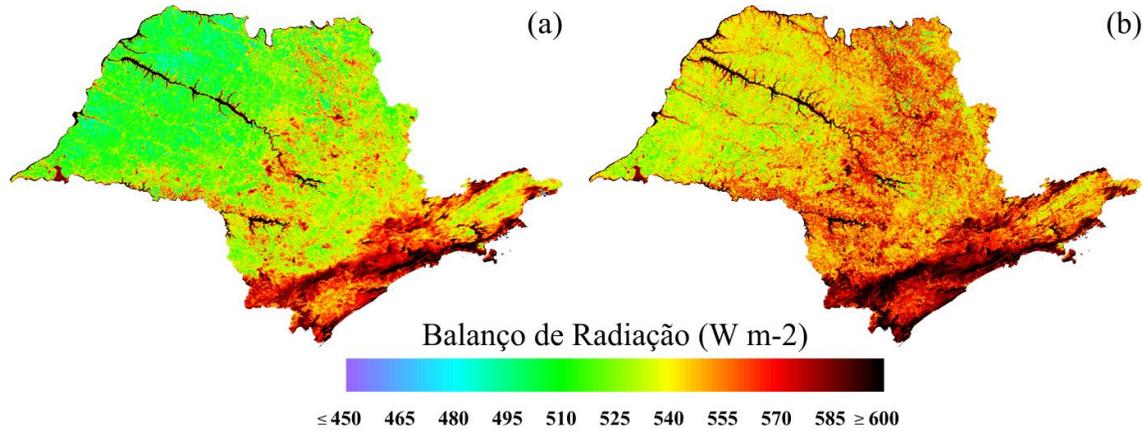


Figura 4. Distribuição espacial do balanço de radiação no estado de São Paulo nos dias 23/08/2006 (a) e 16/08/2007 (b).

Salienta-se que, devido à indisponibilidade de dados *in situ* relacionados aos componentes do balanço de radiação para os dias trabalhados, não foi possível realizar a validação das estimativas geradas no presente estudo. Neste sentido, de acordo com Daughtry et al. (1990) o erro médio entre medições e estimativas de Rn com sensoriamento remoto são inferiores a 7%.

A Figura 5 ilustra as áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo nos anos-safra 2006/2007 e 2007/2008.

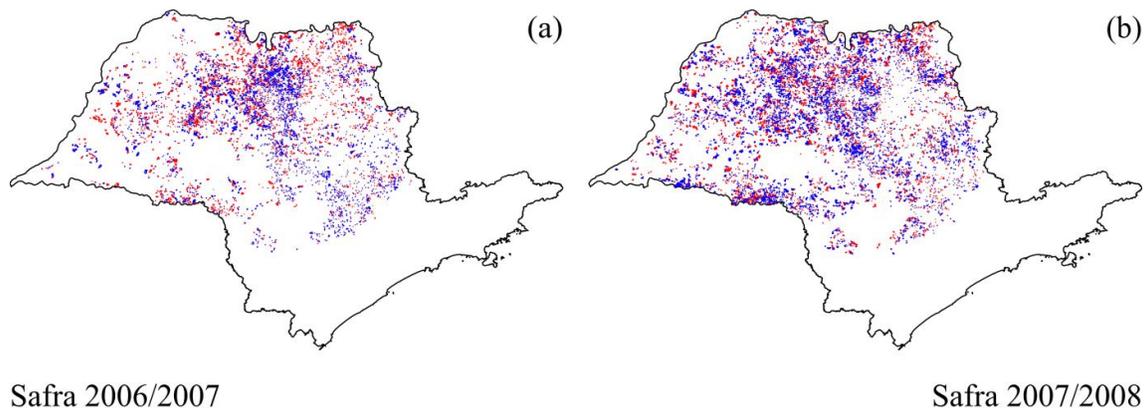


Figura 5. Áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo nas safras 2006/2007 e 2007/2008. Os polígonos em vermelho e azul representam, respectivamente, as áreas colhidas e as áreas ainda disponíveis para colheita nos dias 23/08/2006 (a) e 16/08/2007 (b).

Na safra 2006/2007 o total mapeado pelo Projeto Canasat como expansão foi de 305.603,00 hectares enquanto que no ano-safra 2007/2008 foi de 636.814,00 hectares, denotando um aumento de 108,4%. Após a edição dos polígonos das áreas de expansão verificou-se que em 23/08/2006 (referente à safra 2006/2007) estavam ainda disponíveis para colheita 134.380,00 ha e em 16/08/2007 (referente à safra 2007/2008) 278.570,00 ha. Cabe ressaltar que a análise dos componentes do balanço radiativo se deu estritamente para as áreas de cana-de-açúcar ainda disponíveis para colheita nos dias considerados.

Ao visualizar a Tabela 1 verifica-se que as variações de temperatura, NDVI, albedo e dos fluxos de energia superficiais nas áreas de cana-de-açúcar avaliadas acompanharam o esperado no que diz respeito às condições ambientais nos dias de estudo, dadas, como visto anteriormente, pela maior disponibilidade hídrica no sistema solo-vegetação-atmosfera em 16/08/2007.

Tabela 1. Valores médios de temperatura da superfície ($^{\circ}\text{C}$), NDVI, albedo, radiação IVT incidente (W m^{-2}), radiação IVT emitida (W m^{-2}) e balanço de radiação (W m^{-2}) nas áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar para os dias considerados.

Data	Média					
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	NDVI	Albedo	Radiação IVT incidente (W m^{-2})	Radiação IVT emitida (W m^{-2})	Balanço de radiação (W m^{-2})
23/08/2006	38,0	0,468	0,192	401,5	508,1	520,0
16/08/2007	34,5	0,589	0,150	383,8	486,3	543,2

A temperatura da superfície em 2007 foi 9,2% inferior a 2006, enquanto que o NDVI foi 25,9% superior. Com relação ao albedo, houve uma diminuição de 0,042 (21,9%) no valor médio em 16/08/2007 comparado ao dia 23/08/2006. Os valores obtidos (0,192 e 0,150) estão de acordo com o estudo de Juaréz (2004) em que foram observados no mês de agosto de 2002 valores de albedo para um cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo variando entre 0,16 e 0,20. Os valores de radiação IVT incidente na superfície e emitida pela superfície nas áreas avaliadas em 16/08/2007 foram inferiores aos das áreas analisadas em 23/08/2006. Nesse sentido, o menor valor de temperatura da superfície verificado em 16/08/2007 em comparação ao dia 23/08/2006 por si só justifica o menor valor de radiação IVT emitida pela superfície, já que esta é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura da superfície (lei de Stefan-Boltzmann). O R_n foi 4,5% superior para as áreas de expansão avaliadas em 16/08/2007, resultado que está provavelmente relacionado com os menores valores de albedo obtidos para essas áreas nessa data em comparação às áreas avaliadas em 23/08/2006. Os valores encontrados (520,0 e 543,2 W m^{-2}) são próximos aos observados por Ruhoff et al. (2008), para agosto de 2001, que variaram entre 510 e 550 W m^{-2} .

4. Conclusões

A integração de dados orbitais de moderada resolução espacial MODIS/Aqua complementados com informações pontuais obtidas em superfície, por meio do modelo SEBAL, possibilitou a análise do comportamento dos diferentes componentes do balanço de radiação em áreas de expansão do cultivo da cana-de-açúcar nas safras 2006/2007 e 2007/2008 no estado de São Paulo. De modo geral, os valores das variáveis estimadas pelo modelo SEBAL responderam às alterações biofísicas e à intensidade pluviométrica nos dias que antecederam a coleta dos dados orbitais. Ainda, os valores obtidos para as áreas de cana-de-açúcar foram concordantes com estudos observacionais realizados no estado de São Paulo em períodos semelhantes. Os resultados evidenciam a potencialidade da metodologia para

estudos envolvendo o desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica. Dessa forma, sugere-se a utilização de um maior número de imagens de sensoriamento remoto cobrindo diferentes fases de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Agricultura e Floresta (LAF) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), bem como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo: 08/56252-0).

Referências Bibliográficas

Adami, M.; Rudorff, B. F. T.; Freitas, R. M.; Aguiar, D. A.; Sugawara, L. M.; Mello, M. P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. **Sustainability**, v. 4, n. 4, p. 574-585, 2012.

Allen, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) advanced training and user's manual - Idaho implementation**. Idaho: Idaho University, 2002. 98 p.

André, R. G. B.; Mendonça, J. C.; Marques, V. S.; Pinheiro, F. M. A.; Marques, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte I: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 375-382, 2010.

Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A.; Holtslag, A. A. M. A remote sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, n. 1-4, p. 198-212, 1998.

Bhattarai, N.; Dougherty, M.; Marzen, L. J.; Kalin, L. Validation of evaporation estimates from a modified Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) model in the south-eastern United States. **Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 6, p. 511-519, 2012.

Daughtry, C. S. T.; Kustas, W. P.; Moran, M. S.; Pinter, P. J. Jr.; Jackson R. D.; Brown, P. W.; Nichols, W. D.; Gay, L. W. Spectral estimates of net radiation and soil heat flux. **Remote Sensing of Environment**, v. 32, n. 2-3, p. 111-124, 1990.

Gomes, H. B. **Balancos de radiação e energia em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no Estado de São Paulo mediante imagens orbitais**. 2009. 108 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

Juárez, R. I. N. **Variabilidade climática regional e controle da vegetação no sudeste: um estudo de observações sobre cerrado e cana-de-açúcar e modelagem numérica da atmosfera**. 2004. 163 p. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Liang, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 76, n. 2, p. 213-238, 2001.

Rojas, F.; Schowengerdt, R. A.; Biggar, S. F. Early results on the characterization of the Terra MODIS spatial response. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 50-61, 2002.

Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo state (Brazil) using Landsat data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

Ruhoff, A. L.; Collischonn, W.; Freitas, R. M.; Juárez, R. I. N.; Rocha, H. R. Estimativa da sazonalidade da evapotranspiração em plantação de cana-de-açúcar (*saccharum sp.*) a partir de dados do sensor Terra/MODIS. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2. (ABRH), 2008, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: ABRH, 2008. p. 1-20.