

## Evapotranspiração no Pantanal utilizando modelo agrometeorológico-espectral SAFER

Janice Freitas Leivas <sup>1</sup>  
Antônio Heriberto de Castro Teixeira <sup>1</sup>  
Ricardo Guimarães Andrade <sup>1</sup>  
Daniel de Castro Victoria <sup>1</sup>  
Fabio Enrique Torresan <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Monitoramento por Satélite  
Av. Soldado Passarinho, 303 – 13070-115  
Campinas - SP, Brasil

{janice.leivas, heriberto.teixeira, ricardo.andrade, daniel.victoria, fabio.torresan}@embrapa.br

**Resumo.** O objetivo do trabalho é estimar a evapotranspiração (ET) no bioma Pantanal utilizando o modelo agrometeorológico espectral SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*) descrito por Teixeira (2012). Para aplicação do modelo são necessários dados de estações meteorológicas e imagens de satélite. Neste estudo foram utilizadas imagens do satélite MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) com resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias, referente ao período chuvoso (outubro de 2011 a março de 2012) e seco (abril a setembro de 2012). As estimativas de ET variaram dentro de cada classe de uso e cobertura das terras, com os menores valores de ET observados entre agosto e outubro. No período chuvoso, a ET média diária para a classe floresta estacional decidual foi de  $2,72 \text{ mm} \pm 0,48 \text{ mm}$ . Em área de agricultura, a ET foi de  $1,84 \pm 0,83 \text{ mm d}^{-1}$ ; em áreas antropizadas de  $0,92 \pm 0,65 \text{ mm d}^{-1}$ ; na savana/cerrado foi de  $1,47 \pm 0,59 \text{ mm d}^{-1}$  e savana estépica/Chaco foi de  $1,38 \pm 0,53 \text{ mm d}^{-1}$ . No período seco, a classe floresta estacional decidual apresentou valores de  $2,09 \pm 0,31 \text{ mm d}^{-1}$ ; em área de agricultura foi de  $1,98 \pm 0,51 \text{ mm d}^{-1}$ . Na classe área antropizada, a ET foi de  $0,85 \pm 0,53 \text{ mm d}^{-1}$ , na savana/cerrado foi de  $1,26 \pm 0,31 \text{ mm d}^{-1}$  e no Chaco foi de  $1,47 \pm 0,33 \text{ mm d}^{-1}$ . Os baixos valores de ET, indicando subestimativa, podem ser devido às estatísticas referentes a média dos pixels (250m) e não somente valores pontuais.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, evapotranspiração, Pantanal

**Abstract.** The work objective is to estimate evapotranspiration (ET) in the Pantanal biome using the spectral agrometeorological model SAFER (Simple Algorithm For Retrieving Evapotranspiration) described by Teixeira (2012). For application of the model are necessary data from meteorological stations and satellite images. Satellite images of MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) with spatial resolution of 250 temporal me 16 days, with respect to the rainy season (October 2011 to March 2012) and dry (April-September 2012) have been used. Estimates of ET varied in each class use and land cover, with the lowest values of ET observed between August and October. During the rainy season, the average daily ET for the class deciduous seasonal forest was  $2.72 \pm 0,48$  mm d-1. In the area of agriculture, the ET was  $1.84 \pm 0.83$  mm d-1; in disturbed areas of  $0.92 \pm 0.65$  mm d-1; in the savannah / savannah was  $1.47 \pm 0.59$  mm d-1 and steppe savanna / Chaco was  $1.38 \pm 0.53$  mm d-1. In the dry season, the deciduous forest class had values of  $2.09 \pm 0.31$  mm d-1; in the area of agriculture was  $1.98 \pm 0.51$  mm d-1. On the class area disturbed, the ET was  $0.85 \pm 0.53$  mm d-1, in the savannah / savannah was  $1.26 \pm 0.31$  mm d-1 and Chaco was  $1.47 \pm 0.33$  mm d-1. The low values of ET, indicating underestimation, could be due to statistics on the average of pixels (250m) and not just point estimates.

**Key-words:** remote sensing, evapotranspiration, Pantanal

## 1. Introdução

A evapotranspiração (ET) é uma das mais importantes variáveis no ciclo hidrológico, fazendo a ligação entre energia, disponibilidade hídrica e clima. A mudança de cobertura e uso do solo gera impactos na interação biosfera-atmosfera, afetando variáveis climáticas importantes, como a ET. Diante da extensão do Pantanal e do regime hídrico do bioma, as imagens de satélite são de grande importância para o monitoramento do bioma. Na agricultura, informações quantitativas da evapotranspiração são de grande importância para a avaliação da severidade, distribuição e frequência dos períodos de seca, assim como, elaboração de projetos e manejo de sistemas de irrigação e drenagem (Henrique e Dantas, 2007).

A ET apresenta grande variação no espaço e no tempo. Diante disso, as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo aplicadas com eficiência, pois permitem estimar a ET em grandes áreas sem que seja necessário quantificar outros processos hidrológicos (Andrade et al., 2010). Essas estimativas são feitas por meio de imagens de sensoriamento remoto, com a aplicação de algoritmos e modelos (Andrade et al., 2014), com destaque para *Surface Energy Balance Algorithm for Land* – SEBAL – (Bastiaanssen et al., 1998a, 1998b), o *Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration* – METRIC – (Allen et al., 2007a, 2007b) e o *Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving* – SAFER – (Teixeira et al., 2013a).

O SAFER é um algoritmo que tem como vantagem o uso não obrigatório da banda termal e a possibilidade de aplicação com dados meteorológicos provenientes de diferentes tipos de estações (agrometeorológicas, convencionais e automáticas), característica essa importante por possibilitar a avaliação das tendências históricas dos componentes do balanço de energia e da produtividade da água em larga escala ao longo dos anos, haja vista que sensores automáticos são avanços relativamente recentes na tecnologia instrumental (Teixeira et al., 2013b).

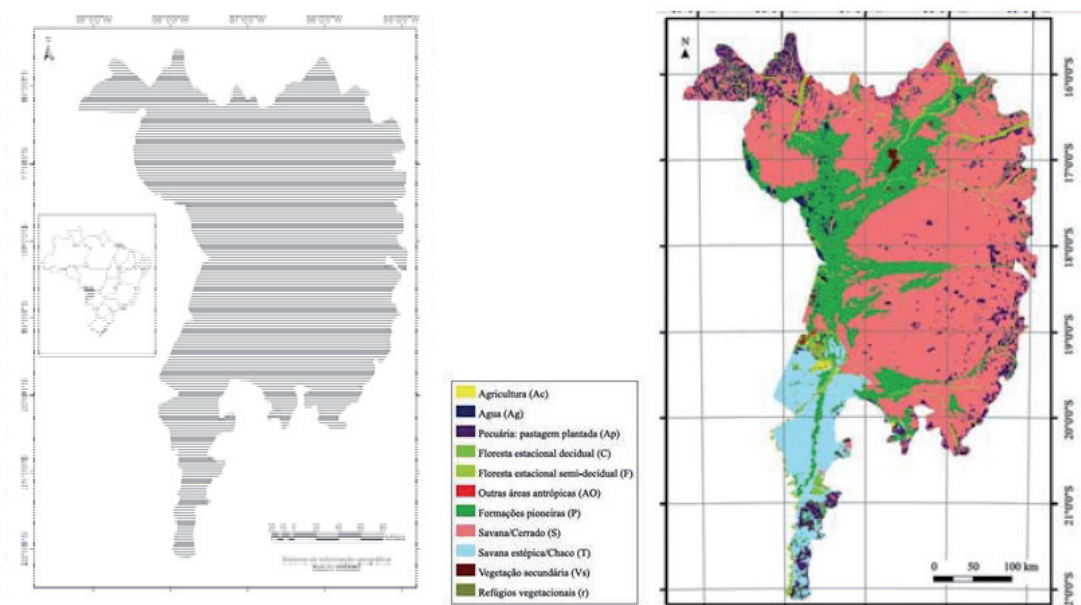
## 2. Objetivo

O objetivo deste estudo é estimar a evapotranspiração no bioma Pantanal, aplicando o algoritmo SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*), utilizando imagens MODIS e dados de estações meteorológicas.

### 3. Material e Métodos

A área de estudo abrange o bioma Pantanal (**Figura 1**), que abrange os Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O Pantanal tem área de 150.355 km<sup>2</sup> (Abdon et al., 2007) e sofre influência biogeográfica dos biomas vizinhos, como o Cerrado a leste, a Amazônia ao norte, e o Chaco a sudoeste. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como do tipo Aw, (tropical de savana) definido como clima tropical quente sub-úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno e precipitação pluviométrica anual média de 1200 mm. O período chuvoso se estende de outubro a março; entre abril e setembro, tem-se o período seco, com os menores índices de precipitação, ocorrendo entre julho a agosto (Zavattini, 2009).

Foram utilizados dados diários de temperatura do ar máxima (Tmax) e mínima do ar (Tmin), umidade relativa máxima do ar (URmax) e mínima do ar (URmin), velocidade do vento a 2 m de altura (U2) e radiação solar global (Rs), obtidos entre o período compreendido entre o Dia Juliano (DJ) 273/2011 a 257/2012, obtidos na rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além disso, foram utilizados imagens MOD13Q1 dos *tiles* MODH12V10/11, provenientes do sensor MODIS/Terra de outubro de 2011 a setembro de 2012.



**Figura 1.** Localização do bioma Pantanal com as classes de uso e cobertura da terra (Probio), escala 1:250.000. Fonte: Adaptado de Andrade et al., 2012.

Para a avaliação da estimativa da ET da superfície, de acordo com as classes de uso e cobertura da terra do Bioma Pantanal, foi utilizada a classificação do Programa de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), conforme Levantamento e mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do Bioma Pantanal, período de 2002 na escala de 1:250.000 (Embrapa, 2004).

Para a estimativa da ET, foi utilizada uma série de imagens MODIS do ano 2011/2012 juntamente com dados de estações meteorológicas disponibilizados pelo INMET. No SAFER, o albedo de superfície ( $\alpha_0$ ) foi estimado a partir das bandas 1 e 2 do MODIS, com resolução espacial de 250 m:

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2$$

Em que  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  são reflectâncias nas faixas espectrais das bandas 1 e 2 do sensor MODIS e a, b e c são coeficientes de regressão que apresentam, respectivamente, os valores de 0,08, 0,41 e 0,14 (Teixeira et al., 2014). Na obtenção da temperatura da superfície ( $T_s$ ), esta foi estimada pelo resíduo no balanço de radiação diário (Teixeira et al., 2014b):

$$T_s = \frac{R_G - \alpha_0 R_G + \varepsilon_A \sigma T_a^4 - R_n}{\varepsilon_s \sigma}$$

onde  $R_G$  e  $T_a$  são, respectivamente, os valores diários da radiação solar global e temperatura média do ar medidas nas estações agrometeorológicas;  $R_n$  é o saldo de radiação diário;  $\varepsilon_s$  e  $\varepsilon_A$  são, respectivamente, as emissividades da superfície e da atmosfera; e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ).

$\varepsilon_s$  e  $\varepsilon_A$  foram calculadas como segue (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2014):

$$\varepsilon_s = a_s h \text{ NDVI} + b_s$$

$$\varepsilon_A = a_A (-h \tau)^{b_A}$$

onde  $\tau$  a transmissividade atmosférica calculada como a razão de  $R_G$  para a radiação incidente no topo da atmosfera; NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada; e  $a_s$ ,  $b_s$ ,  $a_A$  e  $b_A$  são coeficientes de regressão considerados sendo 0,06, 1,00, 0,94 e 0,10 de acordo com Teixeira (2010) e Teixeira et al. (2014a).

$R_n$  foi obtido pelos valores diários do saldo de radiação de ondas curtas através da equação de Slob (Teixeira et al, 2013, 2014a):

$$R_n = (1 - \alpha_0)R_G - a_L \tau$$

onde o coeficiente de regressão  $a_L$  foi distribuído espacialmente através da sua relação com a temperatura do ar (Teixeira et al., 2013; 2014a):

$$a_L = a_T T_a - b_T$$

em que os valores adotados de 6,99 e 29,93 para os coeficientes de regressões  $a_T$  e  $b_T$  foram de Teixeira et al. (2014a).

Com o modelo SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*), obteve-se a ET, a qual foi transformada em fluxo de calor latente ( $\lambda E$ ) (Teixeira et al., 2013, 2014a,b):

$$\frac{ET}{ET_0} = \left\{ \exp \left[ a_s + b_s \left( \frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \right\} \frac{ET0_{\text{ano}}}{5}$$

onde os coeficientes originais  $a_s$  e  $b_s$  de 1,9 e -0,008 foram utilizados, porém utilizando-se o fator de correção  $ET0_{\text{ano}}/5$ , em que a  $ET0_{\text{ano}}$  é a grade de ET de referência anual no ano de 2012 pelas estações meteorológicas no Pantanal e, 5 é o valor anual da ET0 no período de elaboração

do modelo na região de origem.

Para análise dos resultados do modelo para obtenção da ET, foram utilizadas as classes de uso e cobertura da terra, do projeto Probio (Embrapa, 2004). Devido ao elevado número de classes na legenda, estas foram agrupadas conforme sugestão de Victoria et al. (2009).

#### 4. Resultados e Discussão

Na **Figura 2 e 3**, observa-se a variação temporal da ET na estação chuvosa (DJ 273/2011 a 97/2012) e na estação seca (DJ 113 a 257/2012). As estatísticas foram extraídas levando em consideração as classes amostrais agricultura (Ac), água (Ag), pastagem plantada (Ap), floresta estacional decidual (c) floresta estacional semi-decidual (F), áreas antrópicas (AO), formações pioneiras (P), savana/cerrado (S), savana estépica/Chaco (T), vegetação secundária (Vs) e refúgios vegetacionais (r). De forma geral, pelos resultados apresentados, é possível notar variação dos valores de ET de acordo com as classes de uso e cobertura das terras no Pantanal.

No período chuvoso, a ET média diária para a classe floresta estacional decidual foi de  $2,72 \pm 0,48 \text{ mm d}^{-1}$ . Em área de agricultura, a ET foi de  $1,84 \pm 0,83 \text{ mm d}^{-1}$ ; em áreas antropizadas de  $0,92 \pm 0,65 \text{ mm d}^{-1}$ ; na savana/cerrado foi de  $1,47 \pm 0,59 \text{ mm d}^{-1}$  e savana estépica/Chaco foi de  $1,38 \pm 0,53 \text{ mm d}^{-1}$ .

No período seco, a classe floresta estacional decidual apresentou valores de  $2,09 \pm 0,31 \text{ mm d}^{-1}$ ; em área de agricultura foi de  $1,98 \pm 0,51 \text{ mm d}^{-1}$ . Na classe área antropizada, a ET foi de  $0,85 \pm 0,53 \text{ mm d}^{-1}$ , na savana/cerrado foi de  $1,26 \pm 0,31 \text{ mm d}^{-1}$  e no Chaco foi de  $1,47 \pm 0,33 \text{ mm d}^{-1}$ .

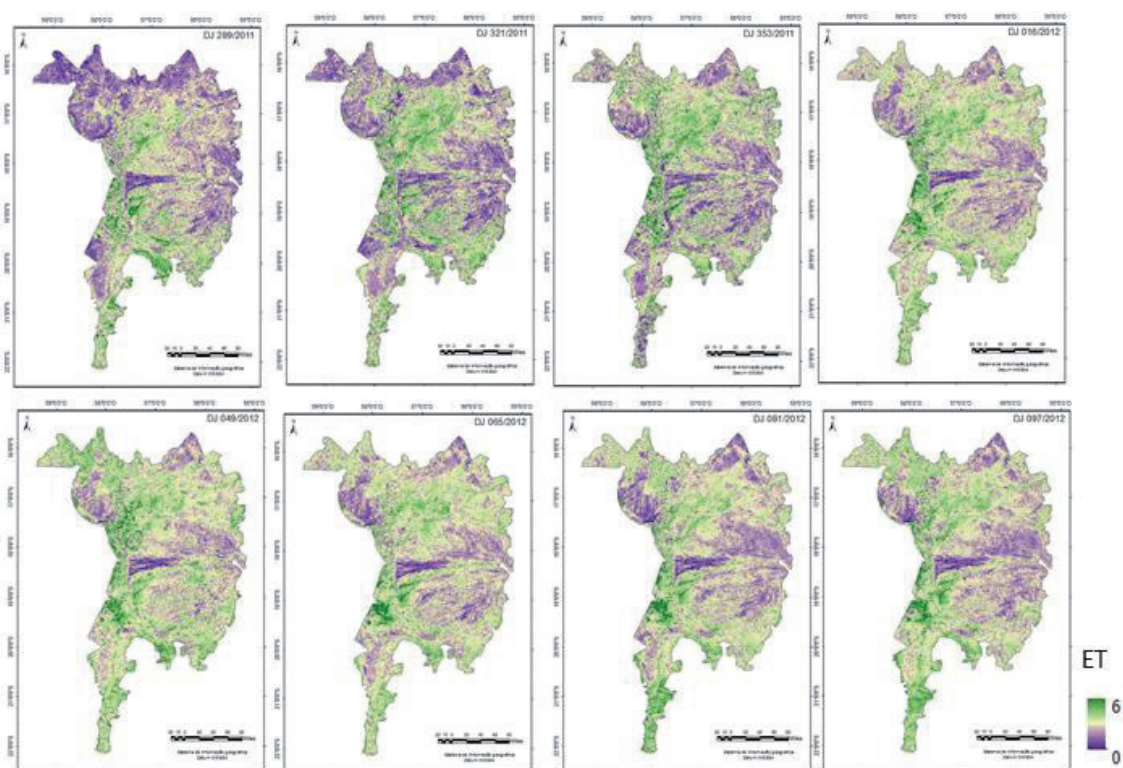
Em estudo realizado por Andrade et al. (2012), utilizando o algoritmo SEBAL, foram obtidos valores de ET diária média de  $2,4 \text{ mm dia}^{-1}$ , na savana estépica/chaco. Nas áreas que se estendem pelas classes de savana (cerrado), pecuária (pastagem plantada) e áreas antropizadas, a ET diária variou de 1,3 a  $1,9 \text{ mm dia}^{-1}$ . Resultados obtidos por Sanches et al. (2011), observaram valores médios e ET de  $2,5 \text{ mm.dia}^{-1}$ , na estação seca e de  $4,1 \text{ mm.dia}^{-1}$ , na chuvosa. Antunes & Esquerdo (2007) e Goltz et al. (2007) realizaram estudos em áreas inundáveis com métodos diferentes.

Na classe água, os resultados obtidos na estação chuvosa ficaram em torno de  $1,92 \text{ mm.dia}^{-1}$ , sendo o valor abaixo dos relatados na literatura. Essa discordância pode ser em decorrência da data do shape utilizado ser de 2002 (projeto Probio) e as imagens e dados meteorológicos são de 2011/2012. Outro fator que pode ter influenciado os baixos valores de ET encontrados pode ser o fato que o NDVI em corpos d'água é negativo porém no bioma Pantanal pode ser encontrada pequena lâmina d'água e com vegetação submersa, ou seja, os valores de NDVI podem não ter sido considerados negativos mas valores próximos de zero, devido à influência da reflectância da vegetação.

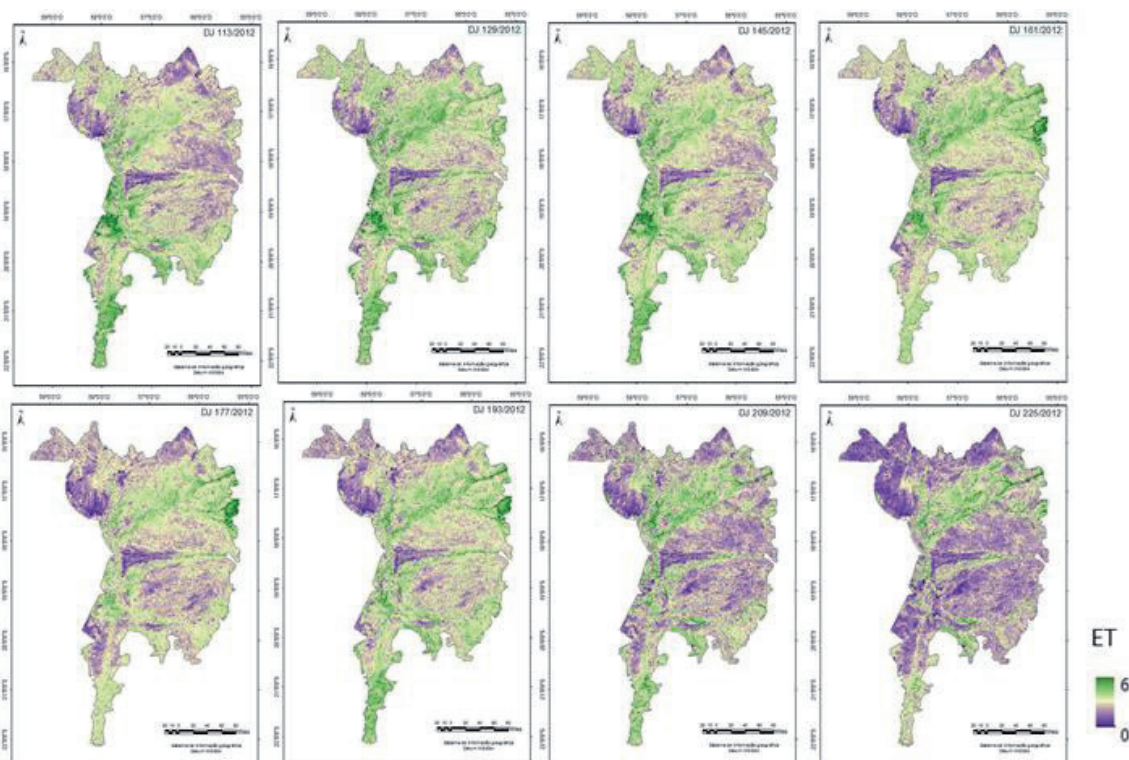
**Tabela 1.** ET diária média de 16 dias ( $\text{mm d}^{-1}$ ) e desvio padrão (DP) para cada classe de uso e cobertura da terra da região do Pantanal de acordo com classificação do PROBIO adaptada por Victoria et al. (2009).



DJ	classes										
	agr	água	pastag	flor est dec	flor est semi-dec	antrop	pioneir	ref vegetac	savana/cerrado	vana estépica/cha	veget sec
273	0,63	1,46	0,64	1,94	1,61	0,49	1,49	1,34	1,03	1,07	1,31
289	1,86	1,70	1,18	3,16	1,95	0,81	1,91	2,24	1,59	1,65	1,91
305	1,87	1,92	1,36	3,18	2,28	0,86	2,21	2,54	1,81	1,69	2,52
321	1,34	1,91	1,32	2,87	2,21	0,82	2,09	2,30	1,66	1,50	2,46
337	1,63	1,69	1,24	2,69	1,98	0,76	1,85	2,03	1,55	1,48	2,13
335	1,62	1,61	1,24	2,65	1,86	0,87	1,73	1,98	1,39	1,25	2,12
1	1,84	1,66	1,39	2,72	2,03	0,93	1,77	2,04	1,47	1,38	2,13
16	2,35	1,61	1,58	2,71	1,95	1,02	1,82	2,22	1,50	1,65	2,13
33	2,54	1,79	1,70	2,93	2,10	1,10	1,97	2,39	1,61	1,75	2,31
49	2,36	1,60	1,64	2,44	1,82	0,98	1,70	1,91	1,45	1,54	2,01
65	2,71	1,61	1,67	2,73	1,95	1,10	1,80	2,35	1,56	1,61	2,26
81	2,63	1,62	1,65	2,83	1,96	1,09	1,78	2,27	1,47	1,71	2,22
97	2,09	1,32	1,35	2,15	1,59	0,86	1,44	1,79	1,20	1,48	1,80
113	2,69	1,52	1,69	2,83	2,01	1,09	1,87	2,39	1,59	1,88	2,24
129	1,88	1,17	1,32	2,08	1,64	0,78	1,45	1,72	1,27	1,34	1,76
145	1,99	1,20	1,35	2,09	1,59	0,85	1,47	1,82	1,26	1,47	1,72
161	1,92	1,30	1,44	2,02	1,78	0,84	1,55	1,76	1,42	1,35	1,87
177	2,21	1,50	1,74	2,45	2,25	0,97	1,90	2,07	1,77	1,65	2,23
193	2,00	1,59	1,68	2,46	2,31	0,84	1,97	2,21	1,76	1,89	2,17
209	1,12	1,40	1,07	1,65	1,79	0,53	1,51	1,66	1,15	1,24	1,60
225	0,86	1,53	0,97	1,48	2,06	0,45	1,67	1,54	1,20	1,16	1,68
241	0,57	1,46	0,64	1,05	1,58	0,39	1,30	1,12	0,81	0,94	1,17
257	0,42	1,48	0,55	1,07	1,57	0,42	1,41	1,22	0,76	0,76	1,11



**Figura 2.** Mapas das estimativas de ET (mm d<sup>-1</sup>) para a o Bioma Pantanal, referente à estação chuvosa, compreendendo o período entre os DJ 289/2011 e 97/2012.



**Figura 3.** Mapas das estimativas de ET ( $\text{mm d}^{-1}$ ) para o o Bioma Pantanal, referente à estação seca, compreendendo o período entre os DJ 113 a 257/2012.

A partir dos resultados obtidos infere-se que a subestimativas da ET sejam devido à intensa dinâmica do bioma Pantanal, acarretando mudanças entre cada ciclo de cheia e seca e como o *shape* refere-se a classes de uso da terra de 2002 e os dados de entrada do modelo são de 2011 e 2012, podendo ter ocorrido mudança nos usos da terra. Outro fator pode ser devido a resolução das imagens serem distintas pois as classes foram extraídas de imagens com maior resolução espacial (sensor Landsat) e as imagens utilizadas no modelo são de 250 m (MODIS), acarretando confusão entre as classes. Importante salientar que a mudança de uso da terra pode afetar o balanço hídrico das bacias hidrográficas, uma vez que a dinâmica de chuva, infiltração, escoamento superficial e ET são alterados. Outro fator importante é que a rede de estações meteorológicas no Pantanal é esparsa, podendo influenciar nas estimativas de parâmetros como a ET.

## 5. Conclusões e Sugestões

Conforme os resultados apresentados conclui-se que o SAFER apresentou estimativas de ET consistentes com a literatura tanto para o período seco quanto para o chuvoso, sendo sensível às variações observadas entre as classes de uso e cobertura das terras.

De forma geral, o SAFER se mostrou eficaz para a estimativa da ET em larga escala. Assim, para estudos futuros, sugere-se utilizar imagens com maior resolução espacial e maior quantidade de estações meteorológicas, possibilitando a operacionalidade do modelo para fins de monitoramento hidrometeorológico do Pantanal.

## 6. Referências

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage, Paper 56).
- Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 380-394, 2007a.
- Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 395-405, 2007b.
- Andrade, R. G.; Paz, A. R. da; Victoria, D. de C.; Delgado, R. C.; Lima, E. de P. Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010. Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBMET, 2010.
- Andrade, R. G.; Teixeira, A. H. DE C; Sano, E. E.; Leivas, J. F.; Victoria, D. C.; Nogueira, S. F. Evapotranspiração em pastagens com indicativos de degradação na bacia hidrográfica do Alto Tocantins. In INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., Fortaleza, 2014. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014.
- Antunes, J.F.G.; Esquerdo, J.C.D.M. Geração automática de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA para monitoramento de áreas inundáveis do Pantanal. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.59, p.115-122, 2007.
- Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A.; Holtslag, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 198-212, 1998a.
- Bastiaanssen, W. G. M.; Pelgrum, H.; Wang, J.; Ma, Y.; Moreno, J. F.; Roerink, G. J.; Van Der Wal, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 213-229, 1998b.
- Embrapa. Levantamento e mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Pantanal, período de 2002 na escala de 1:250.000. Embrapa Informática Agropecuária:Campinas,SP, agosto de 2004, 43p.
- Goltz, E.; Brandão, D.; TomásS, L.; Mantelli, L.R.; Adami, M.; Shimabukuro, Y.E.; Formaggio, A.R. Utilização de índices espectrais de vegetação do sensor MODIS na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal sulmatogrossense. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.59, p.35-44, 2007.
- Teixeira, A. H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, 1287-1319, 2010.
- Teixeira, A. H. de C.; Hernandez, F. B. T. ; Andrade, R. G. ; Leivas, F. L.; Victoria, D. de C. ; Bolfé, E. L. Irrigation performance Assessments for corn crop with Landsat mages in the São Paulo state, Brazil. In: II International INOVAGRI meeting, 2014b, Fortaleza. **Proceedings** ... Fortaleza: INOVAGRI, p. 739-748.
- Teixeira, A. H. de C.; Hernandez, F. B. T.; Lopes, H. L.; Scherer-Warren, M.; Bassoi, L. H. A Comparative Study of Techniques for Modeling the Spatiotemporal Distribution of Heat and Moisture Fluxes in Different Agroecosystems in Brazil. In: George G. Petropoulos. (Org.). **Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content**. 1ed.Boca Raton, Florida: CRC Group, Taylor and Francis, p. 169-191, 2014a.
- Teixeira, A. H. de C.; Scherer-Warren, M.; Hernandez, F. B. T.; Andrade, R. G.; Leivas, J. F.; Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 11, 5783-5804, 2013.
- Victoria, D. C.; Andrade, R. G.; Paz, A. R. Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais no Pantanal. *Geografia, Rio Claro*, v. 34, número especial, p. 721-729, 2009.
- Zavattini, J.A. As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 212. Disponível em: < <http://books.scielo.org>>. Acesso em: 05 ago. 2014.