

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL A PARTIR DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO USANDO O MÉTODO DO TRIÂNGULO

Elizabeth Ferreira<sup>1</sup> E Antonio Augusto Aguilar Dantas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola, Profa. Associada, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, bethf@deg.ufla.br

<sup>2</sup> Habilitado em Técnicas Agropecuárias, Prof. Associado, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, auau@deg.ufla.br

### 1 RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar a evapotranspiração atual (ET) usando uma modelagem que associa a temperatura de superfície (Ts) ao NDVI (*Normal Difference Vegetation Index*), denominada método do triângulo ou espaço NDVI-Ts. O método do triângulo foi aplicado aos produtos NDVI e LST (*Land Surface Temperature*) do satélite MODIS/TERRA e a uma combinação dos produtos NDVI do satélite SPOT-Vegetation com o produto LST do satélite Meteosat. Os resultados das evapotranspirações foram comparados em três situações diferentes do Estado de Minas Gerais: locais das estações meteorológicas convencionais do INMET, áreas irrigadas por pivôs centrais e áreas correspondentes aos municípios. Os valores das evapotranspirações obtidas a partir dos produtos MODIS e dos produtos SPOT/MSG foram semelhantes para todas as áreas de estudo, variando entre 3,09 mm d<sup>-1</sup> e 3,35 mm d<sup>-1</sup>. A maior diferença encontrada entre as evapotranspirações atuais estimadas foi de 0,26 mm d<sup>-1</sup> quando foram consideradas as áreas dos municípios. As evapotranspirações atuais obtidas pelo método do triângulo a partir dos produtos MODIS e pela combinação dos produtos SPOT/MSG foram semelhantes. Os locais referentes às áreas das estações meteorológicas do INMET apresentaram as melhores correlações nas estimativas das evapotranspirações, pois correspondem aos pontos que possuem valores reais das variáveis meteorológicas de superfície utilizadas no modelo, possibilitando melhores ajustes.

**Palavras-chave:** irrigação, relação Ts-NDVI, MODIS/TERRA, SEVIRI/METEOSAT.

**FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.**  
**ESTIMATE OF ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION BASED ON REMOTE SENSING AND USING THE TRIANGLE METHOD**

### 2 ABSTRACT

The objective of this study was to estimate actual evapotranspiration (ET) using a modeling that associates the surface temperature (Ts) with the *Normal Difference Index* (NDVI), which is known as the method of the triangle or Ts-NDVI. The triangle method was applied to NDVI and LST products (Land Surface Temperature) of the MODIS/TERRA satellite and to a combination of products NDVI of the SPOT-Vegetation satellite with the LST product of the Meteosat satellite. Results of evapotranspiration were compared with 3 different situations

found in the state of Minas Gerais: Sites of conventional meteorological stations of INMET, areas irrigated by central pivots and areas comprising the municipalities. Values of evapotranspiration obtained from MODIS products and SPOT/MSG products were similar for all areas of the study, ranging between  $3.09 \text{ mm d}^{-1}$  and  $3.35 \text{ mm d}^{-1}$ . The major difference found among estimated actual evapotranspirations was  $0.26 \text{ mm d}^{-1}$  when the areas of the municipalities were considered. Actual evapotranspirations by the triangle method based on MODIS products and on the combination of SPOT/MSG products were similar. The sites related to the areas of INMET meteorological stations had the best correlations in the estimates of evapotranspirations, as they correspond to the points that have actual values of meteorological variables of surface used in the models, which allows better adjustments.

**Keywords:** irrigation, Ts-NDVI space, MODIS/TERRA, SEVIRI/METEOSAT

### 3 INTRODUÇÃO

Atualmente o uso de modelos agrometeorológicos, baseados em dados de sensoriamento remoto, tanto em escala regional quanto local tem-se mostrado bastante promissores para estimativa da evapotranspiração atual (ET). A evapotranspiração atual corresponde a evapotranspiração de qualquer cultura em qualquer estágio fenológico, podendo estar sofrendo ou não limitação hídrica ou outro fator que impeça a sua taxa potencial (ALLEN et al., 1998). Para estimativas de ET, vários algoritmos tem sido desenvolvidos com o uso de dados de sensoriamento remoto adquiridos por sensores a bordo de plataformas orbitais e sub-orbitais (GOWDA et al., 2008).

Estudos têm demonstrado que a modelagem de índices partindo da temperatura de superfície (Ts) e do *Normal Difference Vegetation Index* (NDVI) obtidos por sensoriamento remoto, podem ser utilizados como indicativo de seca (WAN et al., 2004) e para estimativa da umidade do solo e da evapotranspiração (CARLSON, 2007, STISEN et al., 2007; STISEN et al. 2008, WANG et al, 2009).

Segundo Stisen et al. (2008), na geração do espaço NDVI-Ts, também denominado método do triângulo, são consideradas algumas premissas básicas: as forçantes atmosféricas e a resistência aerodinâmica são uniformes sobre a área de estudo; todas as possíveis condições da superfície (solo exposto, cobertura densa, solo seco e solo úmido) devem estar presentes nos dados e a umidade do solo é a principal fonte de variação da temperatura da superfície (Ts).

Estimativas de evapotranspiração utilizando o espaço NDVI-Ts foram realizadas com o uso de dados do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) a bordo do satélite *National Oceanic and Atmospheric Administration* - NOAA (VENTURINI et al., 2004; HURTADO e ARTIGAO, 2007), do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite TERRA (VENTURINI et al., 2004; WANG et al., 2009) e do sensor *Spining Enhanced Visible Infrared Imager* (SEVIRI) a bordo do satélite MSG - *Meteosat Second Generation* (STISEN et al., 2007, 2008).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi estimar a evapotranspiração atual (ET), utilizando o método do triângulo (NDVI-Ts), a partir de imagens dos satélites MODIS/TERRA, SEVIRI/MSG e SPOT-VGT e comparar os resultados nas áreas referentes às estações meteorológicas, nas áreas irrigadas por pivôs centrais e nas áreas correspondentes aos municípios do Estado de Minas Gerais.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo considerada para este trabalho foi o Estado de Minas Gerais, que apresenta uma área de 588.384,3 km<sup>2</sup> e está situado entre as coordenadas geográficas 14°00' e 24°00' de latitude Sul e 51°15' e 39°25' de longitude Oeste de Greenwich.

Para estimar a evapotranspiração atual (ET), a partir do “método do triângulo”, foram utilizados diferentes produtos de NDVI e LST, originados a partir de imagens dos satélites MODIS/TERRA, SPOT-*Vegetation* e SEVIRI/MSG.

Os produtos NDVI e LST do MODIS/TERRA, denominados MOD13A1 e MOD11A2 (LPDAAC, 2011), possuem resoluções espaciais de 500 m e 1 km, respectivamente. O produto LST do SEVIRI/MSG denominado LST LSA-SAF (LSA-SAF, 2011) e o produto NDVI SPOT-VGT4 (SPOT-VGT, 2011) possuem resoluções espaciais de 3 km e 1 km, respectivamente.

O produto MOD11A2 apresenta resolução temporal de 8 dias e o produto LST (LSA-SAF) originado do MSG (Meteosat Segunda Geração) apresenta resolução temporal de 15 minutos. Desta forma, os valores do MSG podem ser adquiridos 96 vezes por dia. Para tornar os produtos comparáveis, uma vez que o produto MOD11A2, tem resolução temporal de 8 dias e o produto LST LSA-SAF, tem resolução temporal de 15 minutos, os 96 valores diários foram somados e transformados em médias diárias correspondentes ao período de 17 a 24/05/2010 do produto MOD11A2.

Para importação e reprojeção dos produtos MODIS utilizou-se o *software* MODIS Reprojection Tool (LP DAAC, 2011). No caso da importação dos produtos MSG/SEVIRI e SPOT-VGT foi utilizada a plataforma GEONETCast ToolBox, que integra o *software* ILWIS (MAATHUIS et al., 2011). Todos os produtos foram importados e reamostrados usando-se a resolução espacial do produto SPOT-VGT4 (112 pixels por grau), interpolador bilinear, sistema de coordenadas geográficas e *datum* WGS 84.

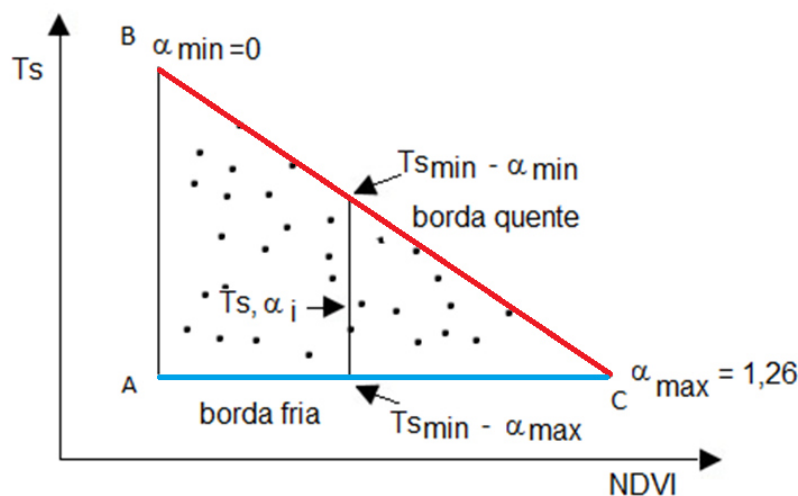
O princípio da estimativa da evapotranspiração atual utilizando os parâmetros Ts e NDVI fundamenta-se na existência da relação empírica entre a evaporação de uma superfície de solo saturada e a energia total disponível para os fluxos de calor latente e sensível estabelecidos, de acordo com a Equação 1.

$$\lambda E = \alpha \left( \frac{\Delta}{\gamma + \Delta} \right) (R_n - G) \quad (1)$$

em que:  $\lambda E$  é o fluxo de calor latente (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>),  $E$  é a evaporação (mm d<sup>-1</sup>),  $\lambda$  é o calor latente de vaporização (2,502 x 10<sup>-6</sup> J kg<sup>-1</sup>),  $\alpha$  o parâmetro de Priestley-Taylor (adimensional),  $\Delta$  a declividade da curva de pressão de saturação na temperatura média do ar (kPa °C<sup>-1</sup>),  $\gamma = c_p / \lambda$  em que  $c_p$  é o calor específico do ar a uma pressão constante (1.012 J.kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>),  $R_n$  o saldo de radiação (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>),  $G$  o fluxo de calor do solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) e  $R_n - G$  é a energia disponível na superfície do solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). O termo  $\alpha \Delta / (\Delta + \gamma)$  é denominado fração evaporativa (EF) (adimensional).

Segundo Price (1990) e Jiang e Slam (1999 e 2001) se um número suficientemente grande de pixels está presente na combinação das imagens de  $T_s = f$  (NDVI) e quando as nuvens, superfícies de água e *outliers* são removidos, a forma da distribuição dos pixels assemelha-se a um triângulo, conforme mostrado na Figura 1 (WANG et al., 2009). As bordas ou limites frio (ou úmido) e quente (ou seco), mostradas na Figura 1 referem-se aos limites da temperatura da superfície do solo na imagem para as menores ( $T_{s_{min}}$ ) e maiores ( $T_{s_{max}}$ )

temperaturas a um dado valor de NDVI. Os limites frio e quente, respectivamente, correspondem aos pixels mais úmidos e mais secos.



**Figura 1.** Diagrama do espaço NDVI-Ts (WANG et al., 2009)

Na borda fria AC, toda a energia é utilizada para evaporação e  $\alpha$  tem o seu valor máximo ( $\alpha=1,26$ ). Na borda quente BC  $\alpha$  tem seu mínimo ( $\alpha_{\min}$ ) e para o solo exposto (ponto B),  $\alpha_{\min} = 0$ , ao passo que para um solo totalmente coberto por vegetação (ponto C)  $\alpha_{\min}=1,26$ . É postulado que  $\alpha_{\min}$  muda linearmente na borda quente correspondendo à cobertura vegetal.

O método do triângulo foi aplicado aos produtos NDVI e LST do satélite MODIS/TERRA, gerando um produto de ET denominado **ET\_MODIS**. O mesmo procedimento foi realizado para uma combinação dos produtos NDVI do satélite SPOT-Vegetation com o produto LST (LSA-SAF), gerando um segundo produto de evapotranspiração denominado **ET\_MSG**.

Para identificação dos valores extremos (máximos e mínimos) de Ts e de NDVI seguiu-se a recomendação de Price (1990), Jiang e Islam (2001), Carlson (2007) e Wang et al. (2009). A estes valores aplicou-se a Equação 2 para obtenção de  $\alpha_i$ , que corresponde a interpolação do parâmetro de Priestley-Taylor, para qualquer ponto entre os limites quente e frio do triângulo (relação NDVI-Ts).

$$\alpha_i = \left( 1 - \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right) 1,26 + 1,26 \left( \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right) \quad (2)$$

em que:  $\alpha_i$  é do parâmetro de Priestley-Taylor, NDVI é o índice de vegetação normalizado do pixel,  $NDVI_{\min}$  é o índice de vegetação normalizado mínimo e  $NDVI_{\max}$  é o índice de vegetação normalizado máximo.

Os dados meteorológicos de superfície de temperatura do ar, de pressão atmosférica, de insolação, de velocidade do vento e de umidade relativa do ar foram obtidos das Normas Climatológicas (INMET, 2010), referentes a 65 estações climatológicas do INMET, localizadas no estado de Minas Gerais e no seu entorno, para o mês de maio. O mês de maio foi escolhido devido à pouca presença de nuvens na área de estudo, o que permitiu a análise de um maior número de pixels úteis nas imagens.

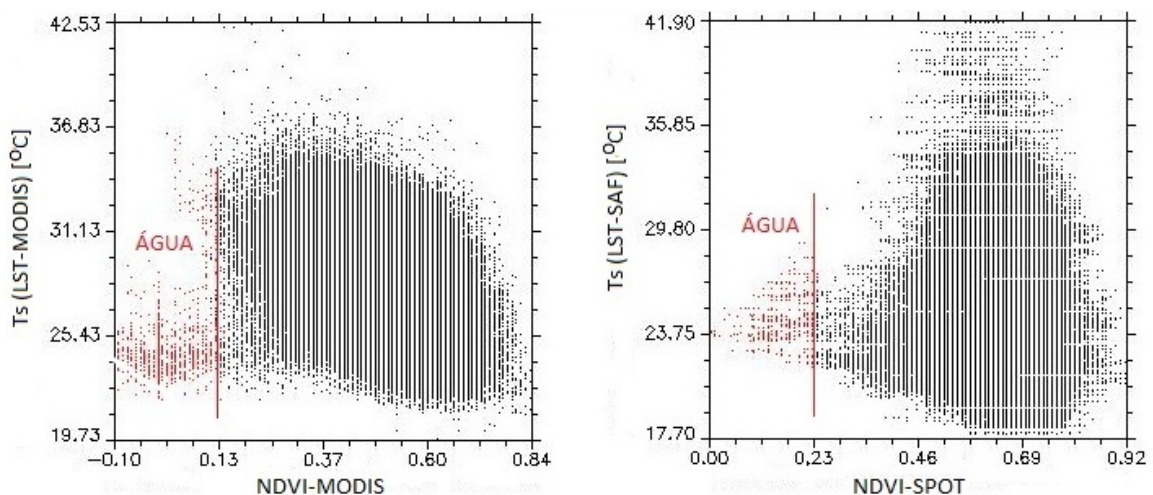
A partir da temperatura do ar e da pressão atmosférica calculou-se o termo correspondente a  $(\Delta/\gamma+\Delta)$  e considerou-se o fluxo de calor do solo ( $G=0$ ), para aplicação da Equação 1. O saldo da radiação ( $R_n$ ) foi estimado conforme descrito por Allen et. al. (1998) com os valores das normais climatológicas.

Para os locais onde estão situadas as estações meteorológicas do INMET, calculou-se também a evapotranspiração relativa ( $E_{Tr}$ ). A  $E_{Tr}$  é dada pela relação entre a evapotranspiração atual ( $ET$ ) com a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), sendo esta última calculada a partir do método Penman-Montheih – FAO56 (ALLEN et al., 1998).

Finalmente as estimativas da evapotranspiração atual foram analisadas para as três áreas de estudo: estações INMET, pivôs centrais e municípios. Foi realizada análise de regressão entre os produtos  $ET\_MODIS$  x  $ET\_MSG$  para obter os coeficientes de correlação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 pode ser observado que os dispersogramas das relações  $T_s$ -NDVI, utilizados para escolha dos valores máximos e mínimos de NDVI e  $T_s$ , obtidos dos dois produtos utilizados (MOD13A1 e SPOT-VGT4) apresentaram uma cauda, constituída pelos menores valores de NDVI. Price (1990) e Jiang e Slam (2001) relatam que os valores que constituem esta cauda podem representar superfícies de água, nuvens e *outliers*.



**Figura 2.** Relações  $T_s$ -NDVI para o produto MODIS e para os produtos LST-SAF e SPOT.

Analisando-se as imagens e o dispersograma  $T_s = f(NDVI)$ , apresentado na Figura 2, denominado espaço  $T_s$ -NDVI, pode-se separar os pixels que representam principalmente superfícies de água. A Figura 2 mostra também os valores mínimos de NDVI para excluir as superfícies de água das imagens. Estes valores foram de 0,12 para o produto MODIS e de 0,23 para o produto SPOT-VGT. Segundo Carlson (2007) a diferença de valores de NDVI entre produtos com diferentes resoluções espaciais já é esperada uma vez que o NDVI é apenas uma medida simples de refletância e não satisfaz a propriedade associativa com a área.

Quanto à forma do dispersograma CARLSON (2007) ainda ressaltou que a aplicação do método do triângulo é mais facilmente obtida em imagens de alta resolução espacial ou com um número de pixels suficientes para que haja uma definição das superfícies úmidas e da cobertura vegetal ou contenha os extremos de vegetação e de umidade. Pela análise dos

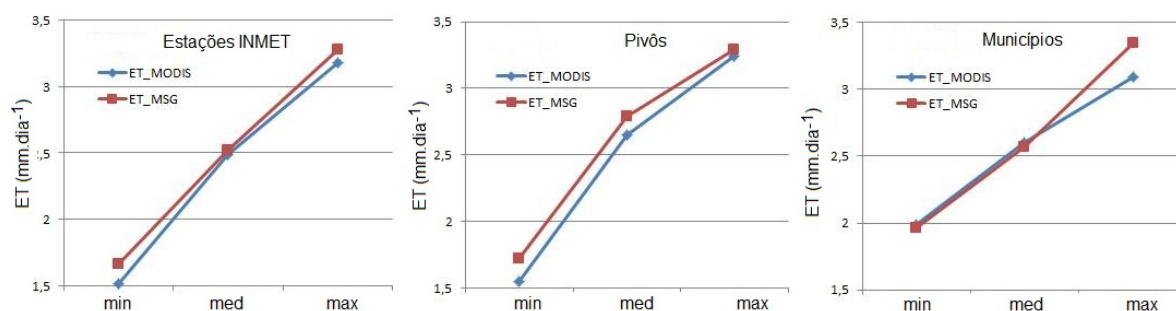
dispersogramas, pode-se observar que apesar de ambos os produtos apresentar um número de pixels suficiente para que houvesse a formação de uma nuvem de pontos, o espaço NDVI-Ts apresentado pelo produto MODIS definiu melhor o espaço similar a um triângulo ou trapézio, conforme relatado na literatura (CARLSON, 2007 e WANG, 2009).

Para o produto MODIS o valor máximo de NDVI foi 0,85 e para o produto SPOT-VGT foi 0,92. A diferença observada entre estes valores máximos foi menos expressiva do que a diferença encontrada para os valores mínimos. Diferenças significativas entre valores máximos de NDVI, para produtos que apresentavam diferentes resoluções espaciais, foram encontrados por Venturini et al. (2004) no sul da Flórida, em que o valor máximo de NDVI do produto MODIS foi 30 % maior que o valor de NDVI gerado pelo sensor AVHRR/NOAA. Porém, é importante ressaltar que o espaço NDVI-Ts está relacionado ao tamanho e às classes de uso da terra presentes na área de estudo.

Quanto aos valores de temperatura da superfície Ts observou-se que os valores de temperatura mínima ( $T_{\min}$ ) e de temperatura máxima ( $T_{\max}$ ) apresentados pelo produto LST-SAF foram menores do que do produto MOD11A2. Entretanto, como os limites da frente fria e da frente seca do espaço NDVI-Ts são determinados pelos menores ( $T_{\min}$ ) e maiores ( $T_{\max}$ ) valores de temperatura, a um dado valor de NDVI (PRICE, 1990; STISEN et al., 2007; CARLSON, 2007, WANG et al., 2009), os dois produtos apresentaram os requisitos necessários para aplicação do método do triângulo, pois as amplitudes das temperaturas foram semelhantes.

Ressalta-se que os valores de  $T_{\min}$  poderiam ter sido maiores ou menores do que os estabelecidos neste trabalho. Neste aspecto, Carlson (2007) apresentou uma revisão sobre o método do triângulo para estimativa da umidade do solo e da evapotranspiração, a partir de imagens de satélite, utilizando os parâmetros Ts e NDVI, e destacou como ponto fraco do método a subjetividade que é utilizada na identificação ou traçado do triângulo, que possui nos vértices os extremos de Ts e de NDVI.

Na Figura 3 podem ser observados os valores mínimos, médios e máximos da evapotranspiração ( $\text{mm d}^{-1}$ ), calculada a partir dos diferentes produtos (ET\_MODIS, ET\_MSG), para três diferentes situações de estudo: áreas pontuais representadas pelas estações meteorológicas do INMET, áreas irrigadas por pivôs centrais em algumas regiões do estado de Minas Gerais e áreas separadas simplesmente como municípios. As áreas das estações do INMET e dos pivôs centrais foram constituídas por 65 e 3.871 pontos, respectivamente, rasterizados para 1 (um) pixel de dimensão de  $0^{\circ}0'32,14''$ . Já as áreas dos municípios foram representadas, em média, por 711 pixels, desta mesma dimensão. O menor e maior município representados foram Santa Cruz de Minas e João Pinheiro, constituídos por 4 e 11.781 pixels, respectivamente.



**Figura 3.** Variações de ET, mínimo, médio e máximo valor, em  $\text{mm d}^{-1}$ , encontrados nos produtos ET\_MODIS e ET\_MSG, para estações INMET, pivôs e municípios.

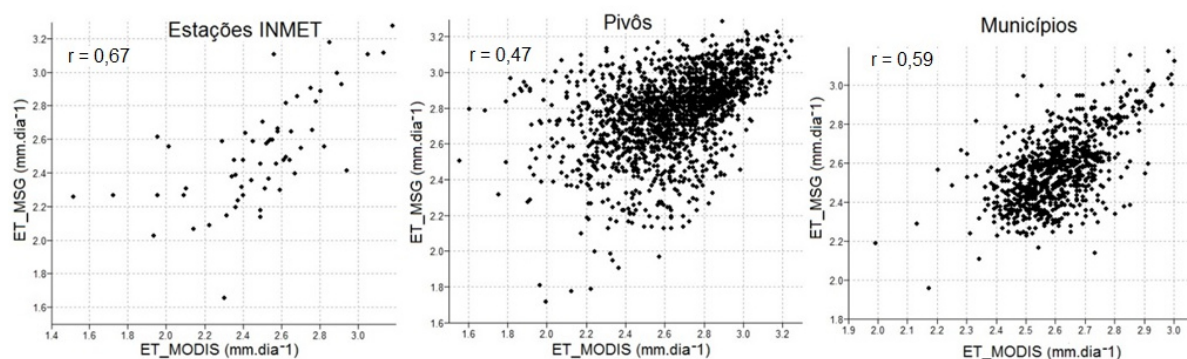


Observa-se também que os valores das evapotranspirações mínimas, médias e máximas, obtidas a partir dos produtos ET\_MODIS e ET\_MSG foram semelhantes para todas as áreas de estudo (estações INMET, pivôs e municípios). A diferença média de ET entre os dois produtos foi de  $0,10 \text{ mm d}^{-1}$  e a maior diferença ocorreu entre as evapotranspirações máximas estimadas para os municípios, que foi de  $0,26 \text{ mm d}^{-1}$  (Figura 3).

Ainda observou-se que as evapotranspirações máximas apresentadas a partir do produto ET\_MODIS foram de  $3,18 \text{ mm d}^{-1}$ ,  $3,24 \text{ mm d}^{-1}$  e  $3,09 \text{ mm d}^{-1}$ , respectivamente, para as áreas de estações do INMET, pivôs centrais e municípios. Estes valores máximos de ET foram muito semelhantes aos valores máximos das ET obtidas dos produtos ET\_MSG, que foram, respectivamente de  $3,28 \text{ mm d}^{-1}$ ,  $3,29 \text{ mm d}^{-1}$  e  $3,35 \text{ mm d}^{-1}$ , para as mesmas áreas.

A semelhança dos valores de evapotranspiração atual encontrada utilizando diferentes produtos está de acordo com a revisão de literatura elaborada por Gowda et al. (2008). Os autores analisaram a precisão de métodos de estimativa de evapotranspiração regional (ET), obtidas a partir de diferentes algoritmos, baseados em dados de sensoriamento remoto e concluíram que a precisão entre os métodos variou de 67 % a 97 % para a ET diária e foi acima de 94 % para a ET sazonal, indicando que os métodos tem potencial para estimar a ET regional com precisão.

Na Figura 4 podem ser vistos os diagramas de dispersão das ETs, apresentados pelos diferentes produtos (ET\_MODIS x ET\_MSG), para as três áreas de estudo: estações INMET, pivôs centrais e municípios. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) foram de 0,67; 0,47 e 0,59 quando foram consideradas, respectivamente, as áreas das estações INMET, dos pivôs centrais e dos municípios. A melhor correlação encontrada foi para as áreas das estações INMET. Ainda para as áreas das estações do INMET, quando se estimou a evapotranspiração relativa (ETr), a correlação entre os produtos foi de 0,85. Venturini et al (2004) estimaram a fração evaporativa (EF) usando produtos MODIS e AVHRR e também encontraram que, apesar da diferença de resolução espacial os sensores parecem captar uma informação contextual semelhante e as estimativas de EF foram comparáveis.



**Figura 4.** Relações entre ETs obtidas a partir dos diferentes produtos, (ET\_MODIS x ET\_MSG), para as três áreas de estudo: estações INMET, pivôs centrais e municípios.

Vale ressaltar ainda, que nas comparações, as diferenças encontradas nos resultados devem-se apenas aos termos das equações de estimativa que se referem aos produtos de LST e de NDVI, no caso os “ $\alpha$ ” uma vez que os termos correspondentes a  $(\Delta/\gamma+\Delta)$  e ao saldo de radiação ( $R_n$ ) são os mesmos para todas as estimativas de ET.

## 7 CONCLUSÕES

As estimativas e análises realizadas neste trabalho permitiram concluir que a diferença nos valores máximos e mínimos de NDVI e Ts apresentada pelos diferentes produtos não influenciou os valores das evapotranspirações atuais encontradas, baseado nos valores das correlações obtidas.

Os valores de evapotranspiração atual estimados pelo método do triângulo a partir dos produtos MODIS e da combinação dos produtos LSA-SAF/SPOT-VGT foram semelhantes.

Os locais referentes às estações meteorológicas do INMET apresentaram as melhores correlações entre as estimativas das evapotranspirações, pois correspondem aos pontos que possuem valores reais das variáveis meteorológicas de superfície utilizadas no modelo, possibilitando melhores ajustes.

Finalmente, acredita-se que a aplicação de métodos para estimativa da evapotranspiração atual a partir de imagens ou produtos de satélites, baseados na partição da energia do saldo de radiação são a melhor forma para se monitorar a evapotranspiração em larga escala.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN R. G. et al. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

CARLSON, T. An overview of the “Triangle Method” for estimating surface evapotranspiration and soil moisture from satellite imagery. **Sensors**, Basel, v.7, p.1612-1629, 2007.

GOWDA, P. H. et al. ET mapping for agricultural water management: present status and challenges. **Irrigation Science**, New York, v.26, p.223-237, 2008.

HURTADO, E.; ARTIGÃO, M. M. Models for determining evapotranspiration. In: FAO. **Remote sensing and water resources**. Rome: FAO, 2007. p. 305-310

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas (1961-1999), Versão Revista e Ampliada**. Brasília, 2010. CD-ROM.

JIANG L.; ISLAM S. A methodology for estimation of evapotranspiration over large areas using remote sensing information. **Geophysical Research Letters**, Malden, v. 26, n. 17, p. 2773-2776, 1999.

JIANG L., ISLAM, S. Estimation of surface evaporation map over Southern Great Plains using remote sensing data. **Water Resources Research**, Malden, v.37, n. 2, p. 329-340, 2001.

LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER – LP DAAC. **Aster and MODIS Land Data Products and Services**. Disponível em: <<https://lpdaac.usgs.gov>>. Acesso em: 10 mar. 2011.



LAND SURFACE ANALYSIS SATELLITE APPLICATIONS FACILITY - LSA-SAF.

**Land Surface Analysis Satellite Applications Facility.** Disponível em:

<<http://landsaf.meteo.pt>>. Acesso em: 28 jan. 2011.

MAATHUIS, B. et al. **GEONETCast Toolbox. Installation, configuration and user guide of the GEONETCast Toolbox plug-in for ILWIS 3.7, XML version 1.2.** Disponível em:

<<http://52north.org/downloads/earth-observation/geonetcast/toolbox>>. Acesso em: 28 jan. 2011.

PRICE, J. C. Using Spatial Context in Satellite Data to Infer Regional Scale

Evapotranspiration. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, Piscataway, v. 28, n. 5, p. 940-948, 1990.

SPOT VEGETATION PROGRAMME– SPOT-VGT. **Product Distribution Portal.**

Disponível em: <<http://free.vgt.vito.be>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

STISEN, S. et al. Estimation of diurnal air temperature using MSG-SEVIRI data in West Africa. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.110, p. 262-274, 2007.

STISEN, S. et al Combining the triangle method with thermal inertia to estimate regional evapotranspiration – applied to MSG-SEVIRI data in the Senegal River basin. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.112, p. 1242-1255, 2008.

VENTURINI, V. et al. Comparison of evaporative fractions estimated from AVHRR and MODIS sensors over South Florida. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 93, p. 77-86, 2004.

WAN, Z. et al. Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the southern ecosystems. **International Journal of Remote Sensing**, Florence, v.25, p.61-72, 2004.

WANG, W. et al. Modifying the triangle method and MOD16 algorithm for improving evapotranspiration estimation using MODIS data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOINFORMATICS, 17., Fairfax, 2009. **Proceedings...** Fairfax: IEEE, 2009, p.1-6.