

USO DE IMAGENS DEM (DIGITAL ELEVATION MODEL) NA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

**ANTONIO ERIVANDO BEZERRA^{1*}; TAINARA TÂMARA SANTIAGO SILVA²;
HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA³; CARLOS WAGNER OLIVEIRA⁴, JOHNY. DE S. SILVA⁵**

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, aerivando86@gmail.com;

²Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, tainara.eng.agri@gmail.com;

³Ph.D Prof. Titular UAEA, UFCG, Campina Grande-PB, hugo_carvalho@hotmail.com;

⁴Dr. Prof. Adjunto, UFCA, Crato-CE; carlos.oliveira@ufca.edu.br

⁵Mestrando em fitotecnia, UFC, Fortaleza- CE, johnny.ufca@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo melhorar a estimativa da evapotranspiração pela adição de informações das características do terreno, utilizando modelos de elevação para melhorar o cálculo da radiação solar que a superfície recebe. Para a realização do trabalho, foram utilizadas imagens do Landsat 5 da órbita 216 e ponto 64 do dia 06 de junho de 2011, na plataforma "Earth Explorer" e informação climatológica oferecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram processados no software ArcGIS 10.2, gerando um algoritmo COS_THETA ajustado, que foi utilizado para gerar a Fração de Evapotranspiração (ETrf), através do balanço de energia por meio do modelo METRIC. Para declividades positivas com orientação NE (0-90) os valores de ETrf ajustados foram menores indicando menor exposição ao sol nestes locais nesse período do ano no entanto, para declividades SW (180-270) ocorreram maiores valores ETrf indicando maior radiação recebida. Para as declividades SE (90-180) e NW (270-360) os valores de ETrf foram maiores ou menores dependendo quando este valor se aproximava dos valores limites considerados para o aspecto. Conclui-se que a utilização do modelo de elevação do terreno torna-se ferramenta essencial para obtenção de dados da evapotranspiração, pois permite uma visualização próxima do real.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, metric, sensoriamento remoto.

USO DE IMAGENS DEM (DIGITAL ELEVATION MODEL) NA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

ABSTRACT: The objective of the present study was to improve the estimation of evapotranspiration by adding terrain relief information using terrain elevation models to improve the calculation of solar radiation. In order to carry out the work, images of Landsat 5 of the orbit and point 216/64 of 06/08/2011, in the platform "EarthExplorer" and climatological data of the National Institute of Meteorology (INMET), were collected and then processed in the software ArcGIS 10.2, generating an adjusted COS_THETA algorithm, which was used to generate Evapotranspiration Fraction (ETrf), through the energy balance through the METRIC model. After analyzing the results, it was observed that the values of evapotranspiration fraction vary between (-0.5 and 2), not differentiating between adjusted and non-adjusted data for zero slopes, for positive slopes with NE orientation (0-90) values Of adjusted ETrf were lower indicating lower sun exposure at these sites at this time of year, for SW declivities (180-270) the opposite occurred with higher ETrf values indicating higher radiation received; For SE (90-180) and NW (270-360) slopes the ETrf values were either higher or lower depending on when this value approached the limit values considered for the appearance. It is concluded that the use of the terrain elevation model becomes an essential tool for obtaining ETrf data, since it allows a close visualization of the real.

Keywords: Evapotranspiration, METRIC, Remote sensing.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda hídrica e a deterioração dos recursos naturais e sua escassez em algumas regiões tornam o gerenciamento integrado dos recursos hídricos cada vez mais imprescindíveis (ONU, 2016). Diante disto, o uso racional da água na agricultura irrigada deve ser considerado uma meta prioritária. Para quantificar a demanda hídrica de uma cultura, torna-se necessário ter conhecimento em detalhe dos componentes do ciclo hidrológico e, principalmente, da evapotranspiração. (ALLEN et al., 2010). A evapotranspiração é fortemente influenciada pelo tipo de vegetação, pelo manejo agrícola, pela gestão ambiental e, principalmente, por parâmetros climáticos, incluindo radiação solar incidente sobre a superfície do solo, além do vento, temperatura e umidade relativa.

A fim de evitar, ao máximo, métodos, para estimar a evapotranspiração baseados em variáveis meteorológicas, com baixa representatividade regional, diversos modelos foram desenvolvidos nas últimas décadas com o objetivo de estimar esta. Assim, existem modelos simplificados caracterizados pela abordagem de dados empíricos (JACKSON et al., 1977 e 1981; SEGUIN et al., 1989 e 1991), modelos determinísticos baseados nos processos físicos de transporte de massa e energia (COURAULT et al., 1998; OLIOSSO et al., 1999) e ainda modelos baseados no balanço de energia na superfície terrestre utilizando técnicas de sensoriamento remoto. (ALLEN, et al., 2011; ALLEN et al., 2007; BASTIAANSSEN et al., 1998).

Desse modo, o objetivo deste trabalho é melhorar a estimativa da evapotranspiração pela adição de informações das características do terreno, utilizando modelos de elevação para melhorar o cálculo da radiação solar que a superfície recebe.

MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para realização da pesquisa corresponde a um dos principais polos de atividade agrícolas irrigadas do estado do Ceará, localizado nas cidades de Limoeiro do Norte, Russas, e Morada Nova, além de um trecho do Rio Jaguaribe (coordenadas geográficas de Latitude 5°8'55" Sul, Longitude 38°5'54" Oeste e 29 m de Altitude) .

As imagens contendo as sete bandas espectrais foram capturadas pelo satélite Landsat-5, mais precisamente para a órbita 216 e ponto 64 respectivamente, no dia 08 de junho de 2011. Assim como as imagens multiespectrais do Landsat-5 contendo a área de interesse da pesquisa as imagens correspondentes a elevação do terreno (imagens DEM), foram coletadas junto à USGS (United States Geological Survey) na plataforma "EarthExplorer", cujo o download foi realizado no sítio <http://earthexplorer.usgs.gov/>. O processamento das imagens e a confecção dos mapas de cosseno de THETA, declividade do terreno, aspecto da superfície e fração da evapotranspiração foram realizados no software ARCGIS versão 10.2.

Os dados meteorológicos necessários para a execução de modelo METRIC foram obtidos através de numa estação meteorológica automatizada localizada no centro da cidade no Campus da Estação de Morada Nova – CE do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

No modelo METRIC utilizado (ALLEN, *et al.*, 2007) a transferência de energia para as camadas atmosféricas é modelada a partir do conhecimento dos dados de velocidade do vento e temperatura radiométrica da superfície e a evapotranspiração é calculada como resíduo da equação de energia na superfície (ALLEN, *et al.*, 2010).

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

Onde LE = energia latente consumida na evapotranspiração; R_n = saldo de radiação; G = fluxo de calor sensível conduzido para o solo e H = fluxo de calor sensível conduzido para o ar.

O saldo de radiação (R_n) representa a energia disponível na superfície e é feito um balanço das energias de ondas curtas- R_{ns} (direta do sol) e das de ondas longas- R_{nl} , emitidas pelos corpos aquecidos.

O balanço de ondas curtas (R_{ns}) é computado como:

$$R_{ns} = (1-\alpha) R_s \quad (2)$$

Onde α = é o albedo da superfície (sem dimensão) e R_s = radiação solar de ondas curtas.

A energia solar que chega a superfície do solo, em um dado momento é função do ângulo solar incidente θ .

$$R_s = C_s \cos \theta / d^2 \quad (3)$$

Onde = C_s constante solar (1367 W m^{-2}), $\cos \theta$ = cosseno do ângulo de incidência do sol, t = transmitância da atmosfera e d^2 = quadrado da distância terra sol.

A distância terra sol é estimada por uma função cosseno ($\cos \theta$) do dia do ano, representando um ciclo da terra em torno do sol. A transmitância é estimada pela pressão atmosférica e o teor de vapor de água na atmosfera. O ângulo de incidência de acordo com a latitude do local, a declinação solar e o ângulo horário que o sol faz (ALLEN et al., 1998).

$$\cos \theta = (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega_s) \quad (4)$$

Onde= ϕ = latitude em radianos, δ = declinação solar em radianos, s = declividade da superfície, γ = ângulo do aspecto da superfície, ω_s = ângulo do pôr do sol.

Considerando-se que esta equação aplica-se somente para áreas planas, necessitando de ajustes visando contemplar o efeito do relevo sobre a incidência de radiação solar na superfície, uma nova equação foi proposta por Allen, *et al.*, (2007) :

$$\cos \theta = \sin \phi \sin \delta \cos s - \sin \delta \cos \phi \sin s \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos s \cos \omega_s + \frac{\cos \delta \sin \phi \sin s \cos \gamma \cos \omega_s}{\cos \delta \sin \gamma \sin s \sin \omega_s} \quad (5)$$

O ângulo do pôr do sol ω_s é calculado por:

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta) \quad (6)$$

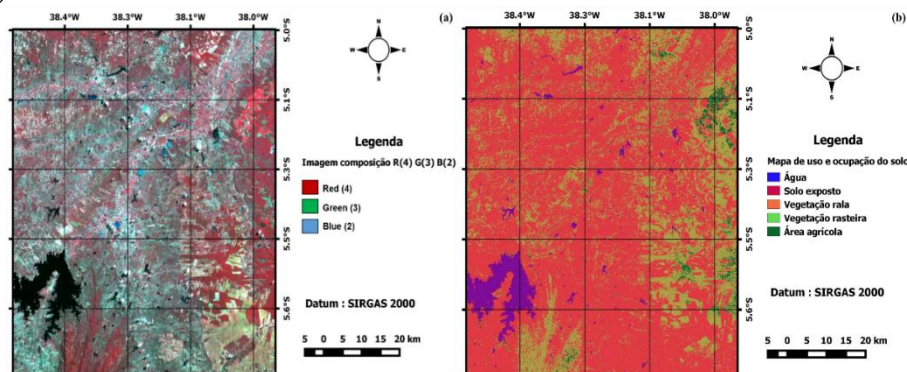
Os dados de entrada (INPUT) do modelo correspondem à informações referentes à declividade da superfície (SLOPE), informações referentes ao ângulo do aspecto da superfície-(ASPECT), além de informações tabuladas de declinação solar e latitude em radianos e ângulo do pôr do sol. Os dados de saída (OUTPUT) correspondem a uma imagem contendo os valores do $\cos \theta$ ajustado para cada pixel.

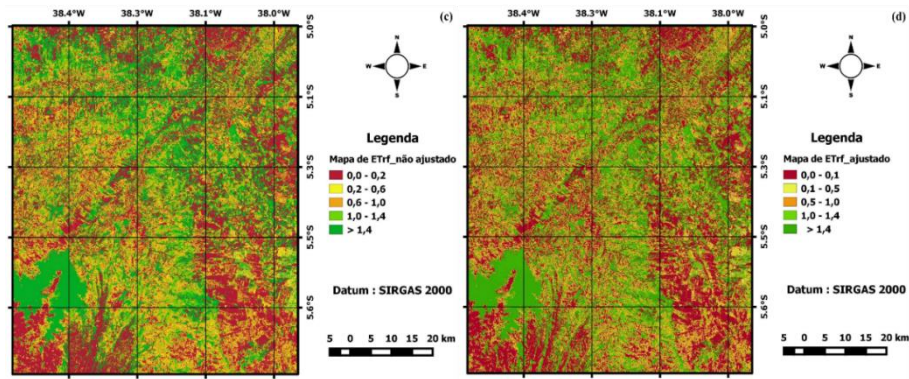
Os dados do $\cos \theta$ foram utilizados para gerar a Fração de Evapotranspiração (ETrf), através do balanço de energia por meio do modelo METRIC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao serem estimados os valores da fração de evapotranspiração (ETrf), utilizando imagens do satélite Landsat-5 (Figura 1a), por meio do algoritmo METRIC, através do balanço de energia contendo os valores do cosseno de Theta_ajustado, percebe-se a ocorrência de pequenas alterações na espacialização e distribuição dos valores das frações de evapotranspiração, onde os mesmos variam entre 0,0 e 1,4, não diferindo entre cenas ajustadas e não ajustada. Analisando a correlação existente entre a fração de evapotranspiração e o uso e ocupação do solo (Figura 1b), percebe-se que a variação espacial e distribuição da ETrf (Figuras 1c e 1d) torna-se mais evidente nas áreas de intensa atividade agrícola, cursos d'água e vegetação de maior porte. Nesses locais os valores da fração de evapotranspiração variam entre 1,0 e 1,4, já nos locais onde o solo encontra-se exposto esses valores são reduzidos chegando no máximo a 0,5.

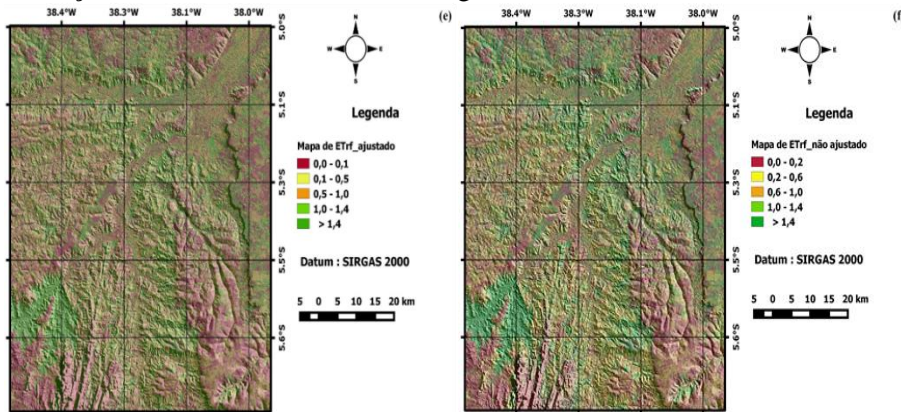
Figura 1: Imagens de composição (Figura 1a) e de uso e ocupação do solo (Figura 1b) usadas para determinar a correlação e espacialização da fração de evapotranspiração e o uso e ocupação do solo (Figuras 1c e 1d).





Ao serem correlacionadas, agora, as variáveis evapotranspiração e o ângulo de incidência de radiação solar sobre a superfície do terreno (Figura 2), contata-se uma ligeira mudança na espacialização da Etrf ajustada em comparação com os dados de ETrf gerados, utilizando um único valor de cosseno de Theta para toda a imagem.

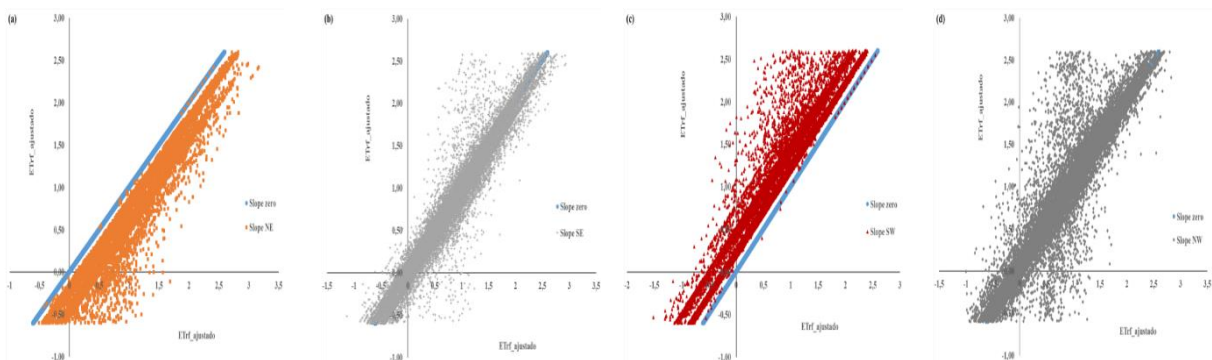
Figura 2.- Correlação entre os valores de ETrf e ângulo de incidência solar



A mudança mais expressiva ocorreu principalmente nas encostas dos morros com declividade acentuada com mais 8° de inclinação, onde a incidência de radiação solar direta sobre a superfície do solo era menor, já que as mesmas apresentam ângulo de inclinação superior a 45°. Tendo em vista que esses locais apresentavam valores de ETrf variando entre 1,0 e 1,4 passaram a ser expressos na escala entre 0,2 e 0,6, como pode ser verificado na Figura 2.

A Figura 3 apresenta os valores de ETrf_ajustados de acordo com a orientação geográfica NE (a), SE (b), SW (c) e NW (d), com base no ângulo de incidência da radiação solar sobre a superfície do terreno. Percebe-se que os valores de (ETrf) variam entre -0,5 e 2,5 não se diferenciando entre dados ajustados e não ajustados para a declividades zero.

Figura 3: Valores ETrF_ajustados de acordo com a orientação geográfica NE (a), SE (b), SW (c) e NW (d), com base no ângulo de incidência da radiação solar sobre a superfície do terreno.



Ao considerar as áreas com declividade positiva e orientação geográfica NE (0°-90°) os valores de ETrF_ajustados foram menores variando entre 0 e 1,5 indicando menor exposição ao sol nestes locais nesse período do ano. Para declividades negativas e orientação SW(180°-270°) ocorreu o contrário, com maiores valores ETrF variando entre 1,5 e 2,5 indicando maior radiação recebida.

Entretanto áreas com declividades SE (90°-180°) e NW (270°-360°) apresentaram ampla variação espacial de ETrF, tendo em vista ambas as orientações geográficas terem apresentado fatores numéricos maiores ou menores quando confrontados aos valores limites considerados para o ângulo de aspecto da superfície.

Os valores de radiação incidente sobre uma encosta com inclinação de 90° para sul, excede em 10% quando comparados a encostas com inclinação de 90° voltadas para o norte, o que representa condições extremas (ALLEN *et al.*, 2006). A combinação de inclinação vertical e aspecto norte representa uma condição extrema onde a maior parte, se não toda, a radiação que incide sobre a superfície é do tipo difusa sendo refletida por outras fontes.

Os resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Trezza *et al.*, (2006) que indicam que o modelo é capaz de diferenciar com precisão a radiação solar incidente em superfícies com diferentes orientações geográficas e inclinações de superfície.

CONCLUSÕES

Para declividades positivas com orientação NE (0-90) os valores de ETrF ajustados foram menores indicando menor exposição ao sol nestes locais.

Para declividades SW (180-270) ocorreram maiores valores de ETrF indicando maior radiação recebida.

As declividades SE (90-180) e NW (270-360) os valores de ETrF foram maiores ou menores dependendo quando este valor se aproximava dos valores limites considerados para o aspecto.

REFERÊNCIAS

- Allen, R. G; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M Crop Evapotranspiration : Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Food and agriculture organization of the united nations, 1998.
- Allen, R.; Irmak, A.; Trezza, R. Et al. Satellite-based et estimation in agriculture using sebal and metric. Hydrological processes, v. 25, n. 26, p. 4011–4027.
- Allen, Richard G.; 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. 4, p. 380–394, ago 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, dez 1998.
- Bastiaanssen, W. G. M.; Noordman, E. J. M.; Pelgrum, H. Et al. Sebal model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. Journal of irrigation and drainage engineering, v. 131, n. 1, p. 85–93, fev 2001.
- Jackson, R. D.; Reginato, R. J.; Idso, S. B. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. Water resources research. V. 13, n. 3, p. 651-656, 1977.
- Oliosio, A.; Chauki, H.; Courault, D.; Wigneron, J. Estimation of evapotranspiration and photosynthesis by assimilation of remote sensing into svat models. Remote sensing of environment, v. 68, n. 3, p. 341-356, 1999.
- Seguin, B.; Assad, E.; Freteaid, J. P.; Imbernon, J.; Kerr, Y.; Lagouarde, J. P. Use of meteorological satellites for water balance monitoring in sahelian regions. International journal of remote sensing, v. 10, n. 6, p. 1101-1117, 1989.
- Seguin, B.; Lagouarde, J. P.; Savane, m. The assessment of regional crop water conditions from meteorological satellite thermal infrared data. Remote sensing of environment, v. 35, n. 2-3, p. 141-148, 1991.
- Trezza, R., Allen, R.G., Procedure and calculation steps for solar radiation and reference evapotranspiration (eto) on inclined surfaces. Appendix c of sandia national laboratories report simulation of net infiltration for present-day and potential future climates mdl-nbs-hs-000023 rev 01.research and extension center, university of Idaho, 2006.