



V WINOTEC

O Semiárido Brasileiro

— Realidades e Perspectivas —

2018

Sobral - Ceará

23 a 25 de Maio

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO SALDO DE RADIAÇÃO NO FOOTPRINT DO SENSOR LAS (*LARGE APERTURE SCINTILLOMETER*)

Higor Costa de Brito¹, Rochele Sheila Vasconcelos², Iana Alexandra Alves Rufino³

RESUMO: Os cintilômetros são instrumentos de campo que, a partir do uso da equação do balanço de energia podem auxiliar a determinar a evapotranspiração. Para tanto, são necessárias estimativas do saldo de radiação, geralmente obtidos por sensores acoplados ao mesmo aparelho. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica espacial e temporal do saldo de radiação na área do *footprint* do sensor, comparando com o valor do pixel onde se encontra a estação meteorológica. Os resultados foram obtidos através do processamento de imagens LANDSAT-8 utilizando o algoritmo SEBAL – *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (Bastiaansen, 1995) para duas datas de passagem. Os valores médios obtidos do saldo de radiação apresentaram uma diferença média relativa na faixa de 3,5%, indicando que estes valores podem servir como dado de entrada para obtenção do balanço de energia, junto aos dados do LAS, pois os mesmos representam bem a área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Cintilômetro, balanço de energia, evapotranspiração.

SPACE-TEMPORAL EVALUATION OF THE RADIATION BALANCE ON THE LAS (*LARGE APERTURE SCINTILLOMETER*) SENSOR FOOTPRINT

ABSTRACT: Scintillometers are field instruments, which can help to estimate the evapotranspiration using a energy balance equation. As an intermediary step, it is necessary to obtain radiation data (R_n) by the sensor. This work aimed to evaluate the spatial and temporal dynamics of the radiation balance in footprint area of the sensor and to get some comparisons with the meteorological station data. LANDSAT-8 data is used under a SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) algorithm processing for two different dates. The results showed a deviation of 3.5%. So, it means that it is a valid data to obtain the energy balance with the LAS, because they represent the area of study well.

KEYWORDS: Scintillometer, energy balance, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

Os avanços recentes das tecnologias de sensoriamento remoto via satélite proporcionam uma alternativa para quantificar os fluxos de energia entre a atmosfera e a superfície terrestre com um fornecimento quase contínuo de dados com alta resolução temporal (Lu et al., 2017; Hamunyela et al., 2017).

¹ Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone (83) 21011063. E-mail: h_igor@hotmail.com

² Pós-Doutoranda (CAPES/ANA), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB

³ Professor Associado, Doutor, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB



O cintilômetro consiste em um instrumento óptico composto de um receptor e de um transmissor posicionados a determinada distância horizontal no terreno. O transmissor registra a intensidade das flutuações na radiação emitida provocadas por vórtices turbulentos presentes no caminho do feixe de luz. São comumente usados com a equação do balanço de energia para determinar a evapotranspiração (ET), sendo necessárias medidas do saldo de radiação, geralmente obtidos por sensores acoplados ao cintilômetro (Moorhead, et al., 2017).

A cintilometria tornou-se um método estabelecido de sensoriamento remoto terrestre para determinar fluxos de calor sensíveis e latentes em larga escala em caminhos de 1 a 10 km (Kohsiek et al., 2002). Isso fornece representatividade espacial comparável com modelos numéricos meteorológicos e satélite de observação - muitas vezes em terrenos heterogêneos (Beyrich et al., 2002; Kohsiek et al. 2002; Meijninger et al. 2002).

Dentre as metodologias existentes para determinação do saldo de radiação, o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), desenvolvido por Bastiaanssen (1995) e Allen (1996), é um dos mais utilizados em vários países em estudos do balanço de radiação, fluxo de calor latente e evapotranspiração, necessitando de dados meteorológicos e fazendo uso de valores de reflectância obtidos por sensoriamento remoto (Machado et al., 2010).

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a dinâmica espacial e temporal o saldo de radiação na área do *footprint* do sensor LAS (*Large Aperture Scintillometer*) comparando com o valor do pixel onde se encontra a estação meteorológica, obtido por sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) localizado na Fazenda Lagoa Bonito, Sítio Salgadinho no município de Campina Grande – PB. A escolha da área para instalação dos equipamentos do LAS se deu por apresentar cobertura vegetal homogênea do tipo caatinga arbórea arbustiva preservada.

O *footprint* do LAS é influenciado pela passagem do vento num caminho perpendicular entre receptor-transmissor, o equipamento foi instalado no sentido norte-sul (Figura 1A), com base na direção dos ventos para a cidade de Campina Grande fornecido pelo portal Projeteer (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes). O *footprint* da área delimitada para análise foi obtido de acordo com Sampaio (2017), obtendo um total de 2468 pontos e suas representatividades (peso de cada pixel na área) (Figura 1B), onde tons mais escuros referem-se aos pixels mais representativos, decaindo gradualmente.

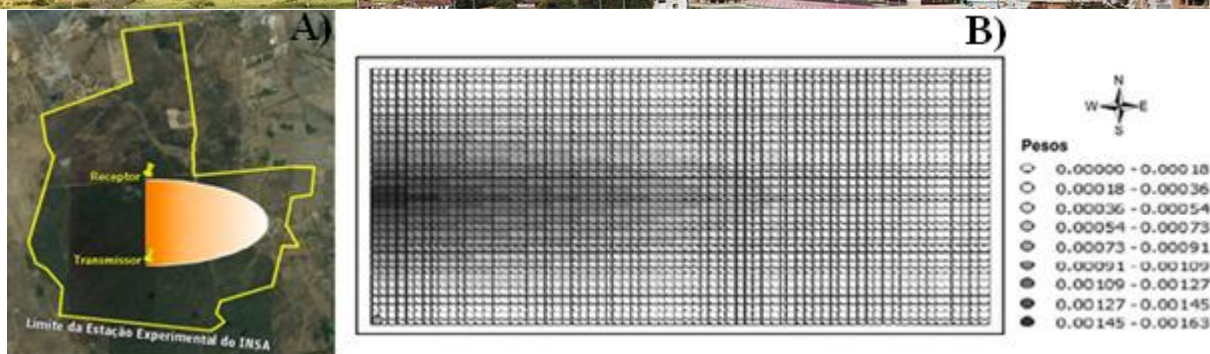


Figura 1. A) Posicionamento do equipamento com área ilustrativa do *footprint* e B) *footprint* suas representatividades.

Para a determinação do saldo de radiação foram utilizadas imagens do sensor OLI, a bordo do LANDSAT 8, adquiridas junto ao United States Geological Survey (USGS). Os dados meteorológicos (temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento) foram utilizados no processamento das imagens para obtenção do balanço de radiação, fornecidos pela Agência executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

O processamento dos dados orbitais para obtenção do saldo de radiação (R_n) da superfície foi realizado na linguagem de programação R através da interface RStudio⁴. Este foi obtido de acordo com Bastiaanssen (2000) e Allen (2007), conforme o fluxograma apresentado na Figura 2.

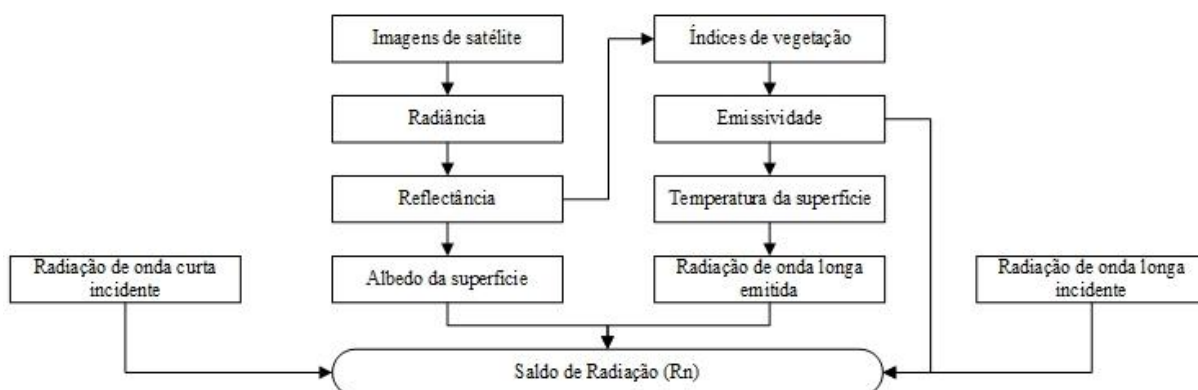


Figura 2. Etapas de processamento para obtenção do saldo de radiação.

Os dados de saldo de radiação para a área do *footprint* do LAS (R_{nLAS}) e para o pixel referente a estação meteorológica ($R_{nEstação}$) foram analisados através da Diferença Média Relativa (DMR%) conforme a equação 1.

$$DMR\% = \left(\frac{|R_{nLAS} - R_{nEstação}|}{R_{nLas}} \right) \times 100 \quad (1)$$

⁴ RStudio é desenvolvido por uma equipe distribuída com sede no Distrito de Inovação de Boston e um segundo escritório em Seattle.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se verificar a variação espacial e temporal do saldo de radiação correspondente à área do *footprint* do sensor LAS (Figura 3) para os dias 08/10/2016 e 11/12/2016. Para o dia 08/10/2016 o valor médio do saldo de radiação foi de 540 W/m², enquanto para o dia 11/12/2016 a média foi de 537,26 W/m². Pode-se notar que os mapas exibem uma distribuição heterogênea, e que, na direção noroeste apresentaram valores menores em ambas as imagens, esse comportamento indicou que o *footprint* do LAS ultrapassa a área de vegetação caatinga preservada, atingindo áreas de vegetação rala e solo exposto, uma vez que apresentou altos valores de albedo e baixos índices de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

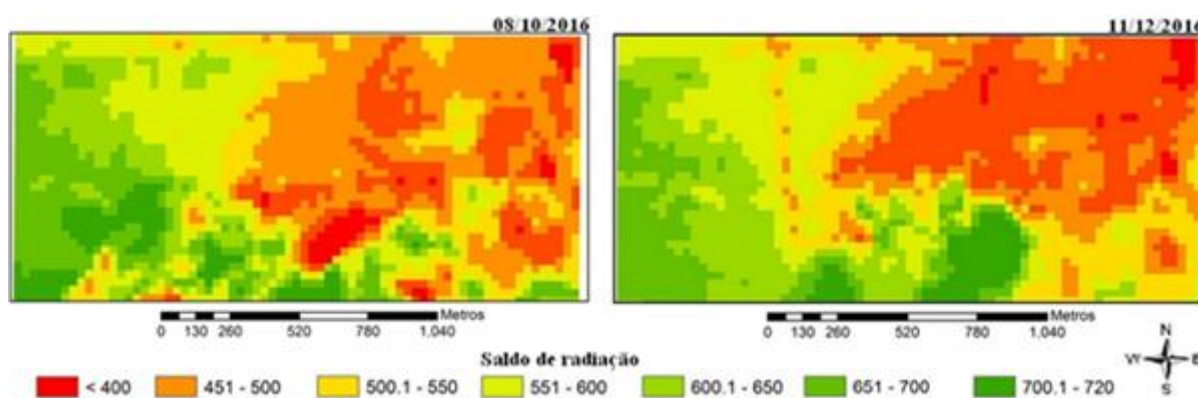


Figura 3. Saldo de radiação (W/m²) na área experimental do *footprint*.

De acordo com Oke et al, (1999), a diferença no saldo de radiação na análise de classes de solo está ligada a estrutura e/ou falta de vegetação, a disponibilidade hídrica da superfície e as propriedades térmicas da superfície.

A Tabela 1 compara o valor de R_n representativo para o *footprint*, levando em consideração seus respectivos pesos, e o valor medido no pixel onde se encontra a estação meteorológica e sua respectiva DMR (%) para os dias em estudo.

Tabela 1. Análise dos valores de R_n para os dias estudados.

	08/10/2016	11/12/2016
$R_{n_{LAS}}$ (W/m ²)	565,48	553,99
$R_{n_{Estação}}$ (W/m ²)	585,27	573,08
DMR (%)	3,50	3,45

Os valores obtidos no *footprint* apresentam uma diferença média relativa na faixa de 3,5%, o que demonstra boa aproximação entre os valores obtidos do saldo de radiação nas duas áreas.



CONCLUSÕES

A técnica de sensoriamento remoto captou de maneira eficiente as variações temporais e espaciais do saldo de radiação.

Os valores do saldo de radiação obtidos para o pixel da estação meteorológica representaram bem a área de estudo, podendo ser utilizado como dado de entrada para obtenção do balanço de energia, junto aos dados do LAS. Mesmo diante dos bons resultados são necessários estudos futuros de validação com dados medidos em campo para confirmação desse estudo preliminar.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **Assessing integrity of weather data for use in reference evapotranspiration estimation.** Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.122, p. 97–106, 1996.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSEN, W. **Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL).** Advanced Training and users Manual, Kimberly, Idaho, 2007.

BASTIAANSEN, W. G. M. 1995, **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain.** Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 1995.

BASTIAANSEN, W. G. M. **SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin.** Turkey. Journal of Hydrology, v. 229, p.87-100, 2000.

BEYRICH F.; DE BRUIN H. A. R.; MEIJNINGER W. M. L.; SCHIPPER J. W.; LOHSE H. Results from one-year continuous operation of a large aperture scintillometer over a heterogeneous land surface. **Boundary-Layer Meteorol.**, v. 105, p. 85–97, 2002.

HAMUNYELA, E.; REICHE, J.; VERBESSELT, J.; HEROLD, M. Using Space-Time Features to Improve Detection of Forest Disturbances from Landsat Time Series. **Remote Sens.**, v. 9, p. 2-17, 2017.

KOHSIEK, W.; MEIJNINGER, W. M. L.; MOENE, A. F.; HEUSINKVELD, B. G.; HARTOGENSIS, O. K.; HILLEN, W.; DE BRUIN, H. A. R. An extra large aperture scintillometer for long range applications. **Boundary-Layer Meteorol**, v. 105, p.119-127, 2002.

LU, M.; HAMUNYELA, E.; VERBESSELT, J.; PEBESMA, E. Dimension Reduction of Multi-Spectral Satellite Image Time Series to Improve Deforestation Monitoring. **Remote Sens.**, v. 9, p. 1-17, 2017.

MACHADO, C.C.C; GALVÍNCIO, J.D.; OLIVEIRA, T.H. **Estimativa dos valores de Saldo de Radiação e de Fluxo de Calor no Solo no município de São José do Sabugi – PB (Brasil), utilizando o algoritmo SEBAL.** 2010.



V WINOTEC

O Semiárido Brasileiro

— Realidades e Perspectivas —

2018

Sobral - Ceará

23 a 25 de Maio

MEIJNINGER, W.M.L.; HARTOGENSIS, O. K.; KOHSIEK, W.; HOEDJES, J. C. B.; MOORHEAD, J. E.; MAREK, G. W.; COLAIZZI, P. D.; GOWDA, P. H.; EVETT, S. R.; BRAUER, D. K.; MAREK, T. H.; PORTER, D. O. Evaluation of Sensible Heat Flux and Evapotranspiration Estimates Using a Surface Layer Scintillometer and a Large Weighing Lysimeter. **Sensors**, v.17, p. 1-23, 2017.

SAMPAIO, R. J. **Estimativa de fluxo de calor sensível com suporte de cintilometria – estudo de caso: cidade universitária - ILHA DO FUNDÃO/RJ**. Rio de Janeiro, 2017. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

ZUURBIER, R. M.; DE BRUIN, H. A. R. Determination of area-averaged sensible heat fluxes with a large aperture scintillometer over a heterogeneous surface—flevoland field experiment. **Boundary-Layer Meteorol.**, v.105, p.37-62, 2002.

OKE, T. R.; SPRONKEN-SMITH, R. A.; JAHUREGUI, E.; GRIMMOND, C. S. B. The energy balance of central Mexico City during the dry season. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 3919-3930, 1999.