



BALANÇO DE RADIAÇÃO PELO EMPREGO DO ALGORITMO SEBAL E IMAGEM LANDSAT 8 NO MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE-CE

Danilo Batista Nogueira¹, José Israel Pinheiro², Valsergio Barros da Silva³
Jonas Queiroz Rodrigues⁴, Alexsandro Oliveira da Silva⁵

RESUMO: Tomando-se por base o emprego crescente do sensoriamento remoto na elaboração de mapas mais precisos e de menor custo, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de se realizar a estimativa do balanço de energia e fluxo de superfície do município de Tabuleiro do Norte-CE, através do algoritmo SEBAL e imagens dos sensores OLI e TIRS do satélite Landsat-8. A partir da imagem orbita 216 e ponto 64, para o dia 26 de novembro de 2017 se obteve a radiância e reflectividade espectral, seguido do albedo de superfície, índices de vegetação, emissividade, temperatura superficial, radiação de onda curta incidente ($RC\downarrow$), radiação de onda longa incidente ($RL\downarrow$) e emitida ($RL\uparrow$), além do Saldo de Radiação (R_n). Nos resultados encontrados verificou-se que os menores valores de albedo e temperatura foram observados em corpos d'água e vegetação 2,4% e 28,5°C, já os maiores 81% e 45,5°C em áreas urbanas. Ficou evidenciado a alta potencialidade do emprego do SEBAL em estudos de desertificação, alterações na vegetação e uso da terra em escala municipal.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, SEBAL, reflectância.

RADIATION BALANCE FOR THE USE OF SEBAL ALGORITHM AND IMAGE LANDSAT 8 IN THE TABULEIRO DO NORTE-CE

ABSTRACT: Based on the increasing use of remote sensing in the elaboration of more accurate and lower cost maps, this study was developed with the purpose of estimating the energy balance and surface flow in the Tabuleiro do Norte-CE, through the SEBAL algorithm and images of the Landsat-8 satellite OLI and TIRS sensors. From the orbit image 216 and point 64, for November 26, 2017 spectral radiance and reflectivity were obtained, followed by surface albedo, vegetation indexes, emissivity, surface temperature, incident short wave radiation ($RC\downarrow$), radiation long incident wave ($RL\downarrow$) and emitted ($RL\uparrow$), in addition to the Radiation Balance (R_n). The results showed that the lowest values of albedo and temperature were observed in body of water and vegetation 2,4% e 28,5°C, already the highest 81% and 45.5 ° C in urban areas. It was evidenced the high potential of SEBAL employment in studies of desertification, changes in vegetation and land use in municipal scale.

KEYWORDS: remote sensing, SEBAL, reflectance.

INTRODUÇÃO

As imagens da série de satélites Landsat vêm sendo utilizada desde a segunda metade da década de 60 e por possuírem um longo período de coleta de dados têm se consolidado como

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará; e-mail: danilo.b.n@alu.ufc.br;

² Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará.

³ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará.

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Ceará

⁵ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará.



uma das principais ferramentas para a análise de parâmetros biofísicos e avaliação de impactos ambientais, uso e cobertura do solo. Estudo realizado por Santos (2012) utilizou imagens Landsat 5 para pesquisas voltadas a estimativa do balanço de energia, e imagens Landsat 8 como referência para o georreferenciamento de imagens orbitais, sendo esses estudos de grande relevância para a aplicação das imagens Landsat com ferramenta para auxílio de pesquisas científicas, planejamento e gerenciamento de recursos naturais.

A modelagem de gerenciamento dos recursos naturais depende diretamente da determinação do balanço de radiação pois o mesmo influencia processos físicos de aquecimento, essenciais a manutenção da vida terrestre. Diversos estudos são inviabilizados pela inexistência ou descontinuidade na coleta de dados sobre radiação no Brasil. Essa é agravada por erros instrumentais advindos da baixa sensibilidade dos sensores e da falta de calibração dos mesmos que compromete a precisão das medições radiométricas (Ferreira *et al.*, 2009). Por sua vez, estimar os componentes do balanço de radiação a partir de dados pontuais está atrelada a erros, proporcionais a distância entre os pontos de coleta de dados. Nesse sentido, a utilização de algoritmos aplicados a imagens de sensores orbitais para a estimativa do saldo de radiação tal como o algoritmo *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL), desenvolvido por Bastiaanssen (1995), pode tornar as imagens da série Landsat-8 uma alternativa para estudos de grandes dimensões espaciais.

Diante do exposto o presente estudo tem como objetivo realizar a estimativa do saldo de radiação à superfície para o município de Tabuleiro do Norte-Ce através de imagens Landsat-8 e utilização do algoritmo SEBAL, além de verificar o comportamento de suas componentes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o município de Tabuleiro do Norte-CE. Utilizando uma imagem do satélite Landsat 8 obtida no dia 26/11/2017 (Figura1).

O SEBAL possui várias etapas sequenciais e somente para a obtenção do Balanço de Radiação são requeridas onze etapas (Figura 2), onde em cada uma delas é feito o cômputo de uma ou mais variáveis necessárias para a etapa seguinte, a descrição completa, pode ser consultada no trabalho desenvolvido por Moreira (2007). Esta sequência deve ser seguida de maneira a minimizar todos os erros de cálculo. O algoritmo foi desenvolvido integralmente no software ArcMap®, exceto a etapa de correção atmosférica, feita no ENVI ®.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mais de 50% da área analisada apresentou albedo entre 10 e 15%, que representa áreas irrigadas e as regiões que apresentam uma vegetação nativa mais densa, com valores de NDVI entre 0,4 e 0,6 (Figura 3).

Valores de albedo superiores a 25%, os quais são indicados pela cor azul coincidem com os pontos de maiores temperaturas em superfície tendo em vista que a substituição das áreas verdes por áreas impermeáveis como: estradas pavimentadas, casas, e calçadas aumentam o albedo dessa nova cobertura, além disso, aumenta a temperatura local, podendo causar o fenômeno das ilhas de calor urbano. De acordo com Angelini (2015), as áreas construídas, áreas urbanas, e de solo exposto apresentam maiores valores de albedo da superfície, já áreas com vegetação densa apresentam menores valores. Ainda de acordo com o mesmo, a temperatura de superfície aumenta junto ao albedo nos diferentes uso e ocupação do solo. Estes resultados corroboram com Moreira, (2007), que calculou NDVI para a região da Chapada do Apodi, encontrando valor máximo de 0,86, enquanto neste trabalho foi de 0,82.

A imagem da energia de onda longa instantânea liberada pelo solo $RL\uparrow$ pode ser vista na Figura 4. Pode-se observar que a intensidade de energia que varia de 447 a 500 $W.m^{-2}$ (tonalidade verde e amarelo) apresentou-se como uma extensão da região de abrangência das nuvens, bem como, representam as superfícies dos espelhos de águas dos reservatórios, as áreas circunvizinhas e zonas que apresentam uma maior densidade de plantas.

A imagem gerada pelo algoritmo SEBAL com os valores instantâneos do saldo de radiação na superfície (R_n) é apresentada na Figura 4. Os pixels nas cores ciano e amarelo representam as áreas da superfície com valores de R_n variando de 500 a 520 $W.m^{-2}$ e de 520 a 600 $W.m^{-2}$, respectivamente. Os pixels com menor R_n correspondem aos que apresentaram maiores albedos (Figura 4). Nair et al. (2005) discutem que baixos valores do saldo de radiação expressam valores elevados de albedo ou da radiação de ondas longas liberadas pela superfície, os quais apresentam estreita relação com a umidade do ar e as propriedades físicas da superfície.

As áreas com menores valores de R_n foram enquadradas como aquelas que apresentam o solo exposto com a rocha matriz aflorando, bem como áreas com uma cobertura vegetação de baixa densidade, uma vez que na época em que a imagem foi registrada, as espécies que compõem a caatinga encontram-se sem folhas podendo ser confundidas com o solo nu. Resultados semelhantes foram observados por Sousa (2006) na elaboração de mapas de uso da terra pelo emprego de imagens do CBERS na região sul do Estado do Piauí.



As regiões representadas pela cor verde e amarelo (600 W.m^{-2} a 670 W.m^{-2}) expressam áreas de cobertura vegetal intermediária ($0,2 < \text{NDVI} < 0,3$). Acredita-se que se trata de áreas com uma floresta da caatinga mais intensa e que ainda não sofreram uma maior ação antrópica ou composta por espécies que apresentam uma maior resistência à abscisão foliar. Esses resultados revalidam o estudo de Santos (2012) sucedido no baixo São Francisco, pois ele observou um aumento em área sem vegetação e uma redução nos valores de saldo de radiação e áreas com maior vegetação e menor saldo de radiação à superfície.

Os resultados apresentaram menor valor de R_n , $481,83 \text{ W.m}^{-2}$, que está associado a maiores valores de radiação de onda longa emitida ($RL\uparrow$) e menor radiação de onda longa incidente ($RL\downarrow$), corroborando com os valores encontrados por Veloso (2014), no qual a radiação de onda curta incidente ($RC\downarrow$) interfere diretamente no saldo de radiação, pois quanto maior a incidência de radiação de onda curta maior será o saldo de radiação (R_n) na superfície, além da interferência do uso e cobertura do solo e da interferência dos fluxos de calor no solo, latente e sensível.

CONCLUSÕES

O albedo e temperatura sobre corpos d'água e áreas vegetadas apresentaram valores inferiores aos observados em áreas urbanas. Cabe, ressaltar que o uso e ocupação do solo pode interferir diretamente no balanço de radiação à superfície.

A respeito das componentes radiativas do saldo de radiação à superfície verifica-se que a radiação de onda curta incidente ($RC\downarrow$), quanto maior sua incidência maior será o saldo de radiação à superfície. Porém, além da radiação de onda curta incidente deve-se verificar a radiação de onda longa incidente e emitida e o uso e ocupação do solo. A impermeabilização do solo tem grande influência no balanço de radiação podendo afetar assim o microclima das áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

ANGELINI, L. P.; FAUSTO, M. A.; MUTZENBERG, D. M. S.; et al. Relação entre o albedo e temperatura da superfície estimados por sensoriamento remoto na área urbana de Cuiabá, Mato Grosso. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, XVII, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: INPE, 2015.

BASTIAANSEN, W.G.M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Tese de Doutorado, Wageningen Agricultural University, Wageningen The Netherlands. 1995. 273p.



FERREIRA, R. C.; SILVA, B. B.; BORGES, V. P.; BRAGA, A. C. Calibração do SEBAL/METRIC para estimativa da radiação de onda longa incidente no semi-árido brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia-CBAGRO, XVI, Belo Horizonte – MG. **Anais eletrônico...** Belo Horizonte, 2009.

MOREIRA, L. C. J.; **Estimativa da evapotranspiração horária usando o algoritmo SEBAL e imagens do Landsat 5-TM.** 2007. 91. p. Monografia (Agronomia), Universidade Federal do Ceará.

NAIR, U. S.; RAY, D. K.; WELCH, R. A. P; CRISTOPHER, S. A. **Use of MODIS derived broadband albedo in the RAMS,** Abstract for 19th Conf. on Hydrology, 85th AMS Annual Meeting, 9-13 jan, San Diego, Califórnia, USA, 2005

SANTOS, F. B. **Estimativa do balanço de energia utilizando imagens do sensor TM/Landsat-5 no Baixo São Francisco.** 2012. 114p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, 2012.

SOUSA, B. F. S., **Emprego de imagens de satélite CBERS na definição do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto Piauí, Piauí.** Fortaleza, 65f, Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, 2006.

VELOSO, G. A. **Análise espaço temporal dos componentes do balanço de radiação, energia e evapotranspiração, usando técnicas de sensoriamento remoto em áreas irrigadas do projeto Jaíba MG.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 2014.

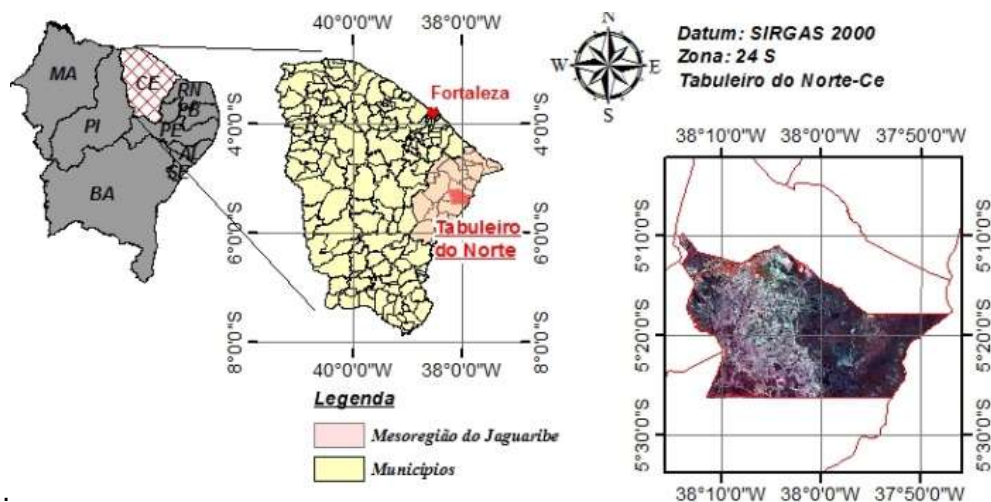


Figura 1. Mapa de localização do município de Tabuleiro do Norte-Ce, e limites territoriais dos municípios nela inseridos, sobre composição colorida falsa cor R5G4B3 — Landsat 8

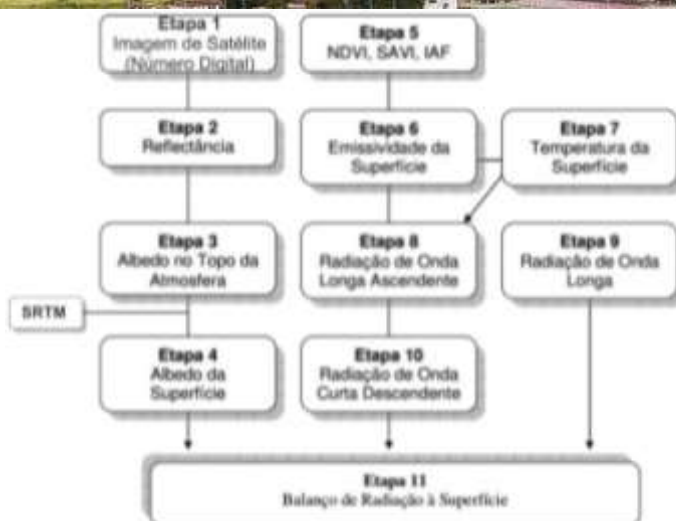


Figura 2: Fluxograma com as etapas de processamento do balanço de radiação à superfície

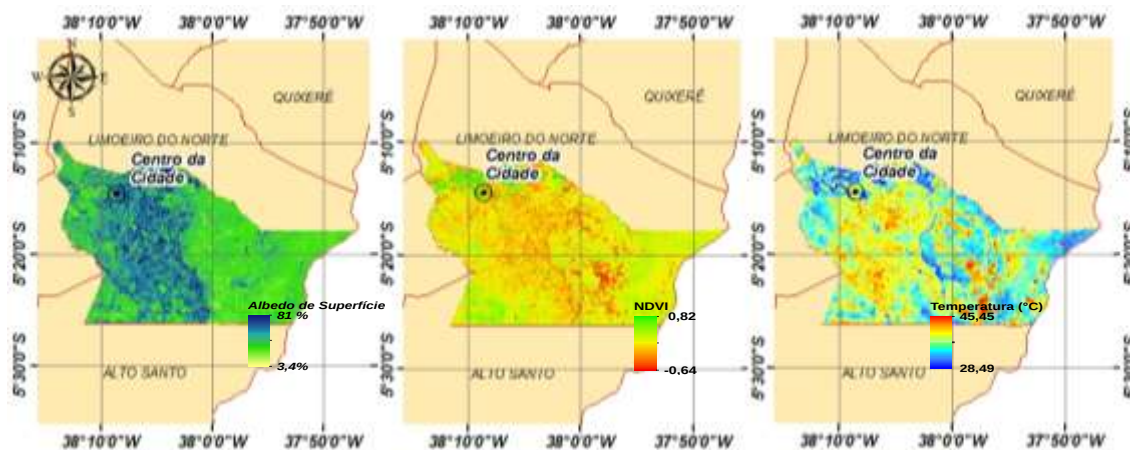


Figura 3. Mapas de Albedo de superfície; NDVI e Temperatura em superfície para o município de Tabuleiro do Norte-CE

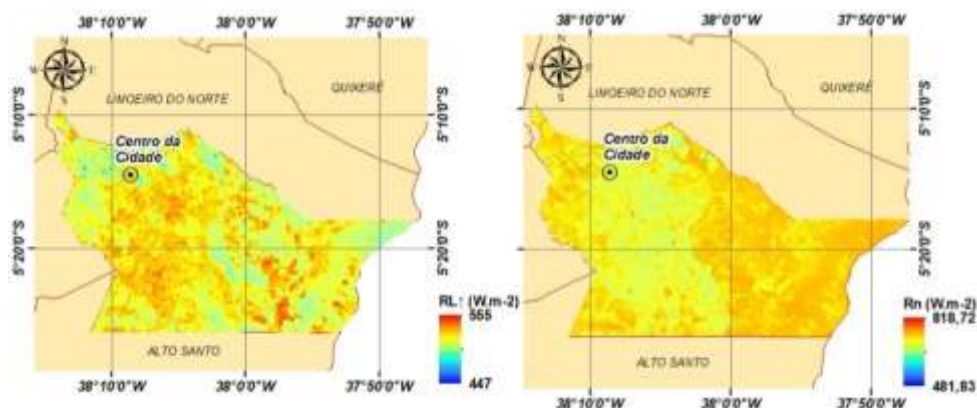


Figura 4. Mapa de radiação de ondas longas $RL\uparrow$ (W.m-2) e valores instantâneos do saldo de radiação na superfície Rn (W.m-2) liberada pela superfície no município de Tabuleiro do Norte-Ce.