



XX CBMET

Congresso Brasileiro de Meteorologia

DESAFIOS DO MONITORAMENTO METEOROLÓGICO

27 a 30 de Novembro de 2018, Maceió - AL

ANAIS

Realização:



Apoio:



UNIVERSIDADE
FEDERAL DE ALAGOAS

FICHA CATALOGRÁFICA

ANAIS DO XX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (XX CBMET)

27 e 30 de novembro de 2018 | Maceió - AL

Editores Técnicos

Heliofábio Barros Gomes e Leandro Fontes de Sousa

Editoração Eletrônica

Alisson Amorim Siqueira

Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A Coordenação do **XX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA** não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos.

Copyright © 2018 - XX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão da Sociedade Brasileira de Meteorologia.

C749 Congresso Brasileiro de Meteorologia (20. : 2018:Maceió).
Anais do XX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 27 a 30 de Novembro 2018,
Maceio, AL [recurso eletrônico] / Coordenado por Heliofábio Barros Gomes. --
Maceio, AL: UFAL, 2018.

Vários autores ISBN 99999999999

1. Meteorologia. 2. Monitoramento. 3. Congresso. I. Gomes, Heliofábio Barros. II. Universidade Federal de Alagoas.

CDD 796.063

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da UFAL
Bibliotecária:

SALDO DE RADIAÇÃO ESTIMADO PELO ALGORITMO SEBAL EM ÁREA URBANA, SANTA CRUZ, RJ

Mariane dos Santos Pessanha¹; Gustavo Bastos Lyra²; Evaldo de Paiva Lima³; Tamíres Partélli Correia⁴

Autor para correspondência: marisantospessanha@gmail.com

¹Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - PGEEAmb, UFRRJ, Seropédica, RJ; ²Professor, Dep. de Ciências Ambientais do Inst. de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ; ³Pesquisador, EMBRAPA SOLOS, Rio de Janeiro, RJ; ⁴Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais - PPGCAF, UFRRJ, Seropédica, RJ

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo realizar a estimativa de componentes do saldo de radiação por meio do algoritmo SEBAL e imagens do satélite Landsat 8 para o bairro de Santa Cruz-RJ. O comportamento espacial das componentes e seus respectivos valores, estimados pelo SEBAL, foram relacionados ao uso e cobertura do solo. Para o estudo, utilizou-se três imagens dos sensores OLI (*Operational Land Image*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) a bordo do satélite Landsat 8, órbita 217 e ponto 76, para os dias: 18/04/15, 20/05/15 e 5/06/15. Com o processamento das imagens foram obtidos o albedo de superfície (α), o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), a temperatura da superfície (T_s) e o saldo de radiação (R_n). Verificou-se que os menores valores do α e da T_s foram observados em corpos d'água e vegetação, enquanto que nas áreas urbanas foram observados os mais elevados. O comportamento do NDVI foi de ser maior na classe Vegetação Secundária em estágio inicial e menor na classe Solo exposto. Os maiores valores do R_n foram encontrados na classe Mangue e os menores na Ocupação Urbana de Média Densidade. A aplicação do algoritmo SEBAL com a utilização de imagens do satélite Landsat-8 apresentam resultados satisfatórios na estimativa das componentes do saldo de radiação.

PALAVRAS-CHAVE: Landsat 8; SEBAL; saldo de radiação

ESTIMATED RADIATION BALANCE BY SEBAL ALGORITHM IN URBAN AREA, SANTA CRUZ, RJ

ABSTRACT

The present study aims to estimate the components of the radiation balance using the SEBAL algorithm and images from the Landsat 8 satellite to the Santa Cruz-RJ neighborhood. The spatial behavior of the components and their respective values, estimated by SEBAL, were related to the use and coverage of the soil. For the study, three images of OLI (Operational Land Image) and TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensors were used on Landsat 8 satellite, orbit 217 and point 76, for the days: 04/18/15, 20/05/05, 15 and 06/06/15. The surface albedo (α), the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the

surface temperature (T_s) and the radiation balance (R_n) were obtained with the image processing. It was verified that the lowest values of α and T_s were observed in bodies of water and vegetation, while in urban areas the highest values were observed. The NDVI behavior was higher in the secondary vegetation class in the initial stage and lower in the exposed Solo class. The highest values of R_n were found in the Mangue class and the lowest in the Urban Occupation of Medium Density. The application of the SEBAL algorithm with the use of Landsat-8 satellite images presents satisfactory results in the estimation of the components of the radiation balance.

KEY-WORDS: Landsat 8; SEBAL; radiation balance

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A radiação solar apresenta-se como importante elemento meteorológico, principalmente, em estudos relacionados aos processos de aquecimento do ar e do solo, evaporação, transpiração e fotossíntese (BORGES et al., 2010). O conhecimento da quantidade de radiação e sua distribuição no espaço são fatores para determinação do potencial de uso e suas possíveis aplicações (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007). O saldo de radiação (R_n) é o resultado da diferença entre o fluxo de energia radiante que incide sobre a superfície terrestre e o fluxo de energia por ela emitida e refletida. No saldo são consideradas tanto as componentes da radiação de onda curta (indeciente e refletida) como as de onda longa (emitida pela atmosfera, e superfície). O R_n pode ser medido diretamente por um saldo radiômetro ou estimado com medidas de um heliógrafo ou piranômetro instalados, respectivamente, em estações convencionais e automáticas.

O Brasil apresenta baixa densidade e distribuição espacial heterogênea das estações, o que compromete estudos sobre a distribuição espaço-temporal dos elementos meteorológicos. Com um número reduzido de estações, ocorre a ausência de séries contínuas e de qualidade de dados meteorológicos. Dessa forma, ferramentas de geoprocessamento associadas aos sensores multiespectrais passam a ser imprescindíveis na obtenção de informações e parâmetros de superfície e da atmosfera. Essas informações são importantes para o monitoramento de fluxos e parâmetros em escala regional e global. Nos últimos anos, o sensoriamento remoto orbital se apresenta como ferramenta para análise e avaliações em pesquisas relacionadas, tanto ao aspecto meteorológico, quanto climático (TAGHVAEIAN; NEALE, 2011).

As diferentes atividades antrópicas dos ambientes em áreas urbanas vêm influenciando e contribuindo para alterações no fluxo de energia, e isso se deve aos diferentes materiais que compõem a superfície terrestre. O processo de urbanização caracterizado pelas mudanças no uso e ocupação da terra acarretam em diferentes alterações ambientais relacionadas à condição de temperatura superficial terrestre, as influências dessas alterações são percebidas em diferentes ciclos do sistema hidrológico, terrestre e atmosférico (NASCIMENTO; SOUSA; OLIVEIRA, 2009). Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo estimar o saldo de radiação em área urbana da cidade do Rio de Janeiro- RJ utilizando imagens do satélite Landsat 8 – OLI/TIRS.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo estimar o saldo de radiação em área urbana da cidade do Rio de Janeiro- RJ utilizando imagens do satélite Landsat 8 – OLI/TIRS.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A região de estudo (Figura 1) compreende o bairro Santa Cruz, localizado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro ($22^{\circ} 55' 13''$ S e $43^{\circ} 41' 6''$ W). Essa área de estudo foi selecionada por possuir diferentes tipos de cobertura, que são áreas de solo exposto, corpos d'água, agricultura, pastagem, floresta, ocupação urbana, entre outras.

O estudo foi realizado com imagens dos sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) do satélite Landsat 8, o *Global Digital Elevation Model Versão 2* (ASTER GDEM V2) obtido pelo sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, ambos com resolução espacial de 30 metros, e arquivos vetoriais em formato shp da divisão de bairros e uso do solo. As imagens obtidas pelo Landsat 8 são derivadas do sensor OLI, e representam as bandas espectrais do visível e do infravermelho, assim como o sensor TIRS, que representam as bandas térmicas (ROY et al., 2014).

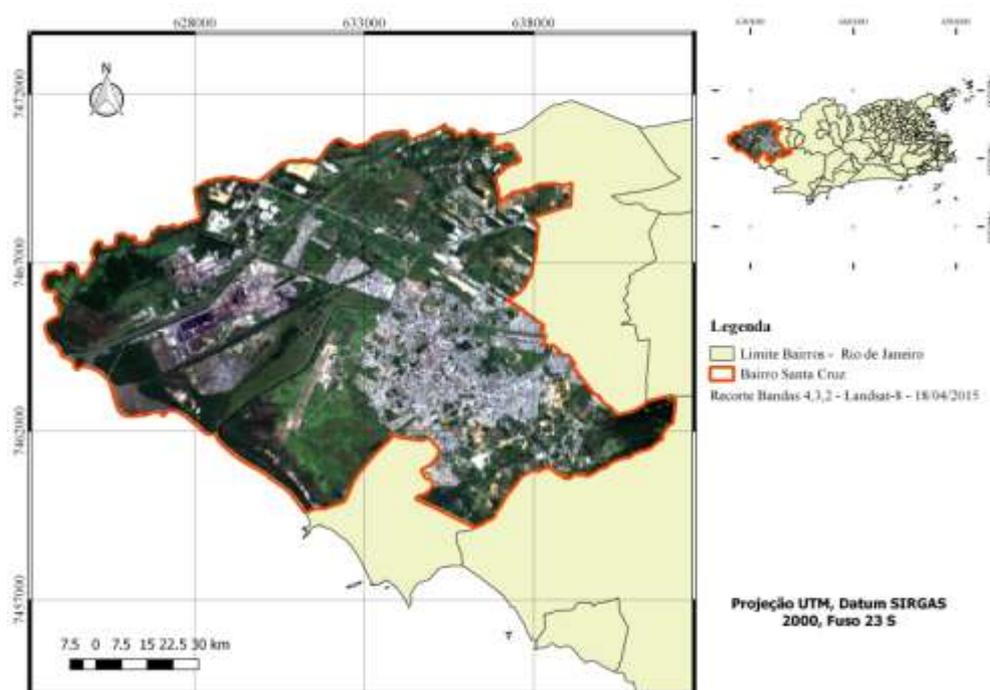


Figura 1. Imagem na composição RGB (bandas 4, 3 e 2 do Landsat 8 – OLI/TIRS) da área de estudo.

As imagens Landsat 8 e ASTER GDEM V2 foram obtidas no formato GEOTIFF, junto ao *United States Geological Survey* (USGS), por meio de uma plataforma *online* em que o acesso era mediante o cadastro de usuário. As imagens Landsat 8 apresentam resolução radiométrica de 16 *bits* e são compostas por 11 bandas espectrais, cujas características são apresentadas na Tabela 1 (USGS, 2013). Para a seleção foram consideradas as imagens com menor interferência de nebulosidade. Dessa forma, foram selecionados os dias: 18/04/2015, 20/05/2015 e 05/06/2015, na órbita 217 e no ponto 76, com horário de passagem às 12:51 horário local. Cada cena imageada pelo Landsat-8 apresenta 185 x 185 km. As imagens foram projetadas assumindo a Projeção UTM (Universal Transversa de *Mercator*), Datum SIRGAS 2000 e Fuso 23S.

Tabela 1. Informações dos sensores OLI/TIRS presentes no Landsat 8

Instrumentos	Banda	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (m)
OLI	1	0.43 - 0.45	30
	2	0.45 - 0.51	30
	3	0.53 - 0.59	30
	4	0.64 - 0.67	30
	5	0.85 - 0.88	30
	6	1.57 - 1.65	30
	7	2.11 - 2.29	30
	8	0.50 - 0.68	15
	9	1.36 - 1.38	30
TIRS	10	10.60 - 11.19	100
	11	11.50 - 12.51	100

O mapa de uso e ocupação do solo, na escala de 1:100.000, foi obtido na base de dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro (INEA, 2010), publicado em 2010 e disponibilizado no formato *shapefile* (shp). O mapa de uso e ocupação do INEA apresenta as seguintes classes: Água, Áreas úmidas, Agricultura, Floresta, Mangue, Ocupação Urbana de Alta Densidade, Ocupação Urbana de Baixa Densidade, Ocupação Urbana de Média Densidade, Pastagem, Pastagem em Várzea, Solo Exposto e Vegetação Secundária em estágio inicial.

Os procedimentos de processamento das imagens foram realizados no QGIS 2.8.3 (QGIS Development Team, 2015), mediante o plugin *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) e GRASS 7.0 (GRASS Development Team, 2016).

Machado et al. (2010) relataram que estudos ambientais que usam técnicas de sensoriamento remoto e imagens orbitais necessitam de algoritmos para estimar elementos da superfície terrestre. A estimativa do saldo de radiação foi feita por meio do algoritmo SEBAL – *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (BASTIAANSSEN et al., 1998). Esse algoritmo foi desenvolvido por Bastiaanssen em 1995 e apresenta modelos semi-empíricos que assumem como variáveis de entrada imagens de satélite nos canais do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal, e alguns dados *in situ*.

No SEBAL o saldo de radiação (R_n) é determinado pela refletância e emitância da radiação, variável espacialmente. O cômputo do balanço de energia, pixel a pixel, é processado ao considerar o fluxo de calor latente (LE) como resíduo do balanço de energia ($LE = R_n - H - G$).

As etapas para a estimativa do R_n no SEBAL (Figura 2) foram realizadas com a utilização de um script na linguagem de programação *python*, disponibilizado por Wolff (2016) no programa GRASS GIS 7.0 (GRASS Development Team, 2016). Após o processamento do algoritmo as imagens foram recortadas para o limite da área de estudo, que era o bairro Santa Cruz.

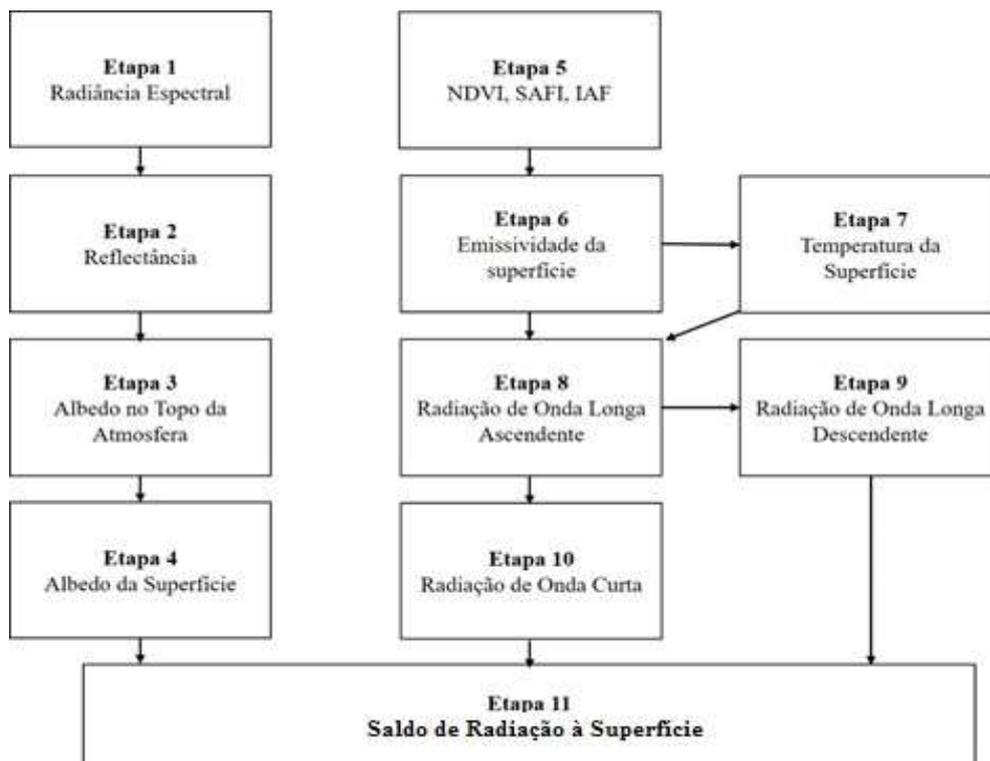


Figura 2. Fluxograma das etapas utilizadas na estimativa do saldo de radiação à superfície. Fonte: Adaptado Meireles (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Na Figura 3 é apresentado o albedo da superfície para três imagens do satélite Landsat 8 – OLI/TIRS. De modo geral, verifica-se a grande variabilidade espacial que é ocasionada pelos diferentes tipos de cobertura do solo. Quando analisada a imagem do albedo representativa de abril (Figura 3a), observou-se variação de 0,102 a 0,273, com média de 0,188. Os menores valores do albedo foram encontrados, principalmente, sobre corpos d'água, e corresponderam ao intervalo de 0,102 a 0,14, enquanto que os maiores valores (0,231 – 0,273) foram observados sobre a classe de solo exposto. A tendência apresentada por Silva et al. (2005a) e Lima et al. (2009), menor valor do albedo para superfícies líquidas e maior sobre solo exposto, concordou com a observada no estudo para o bairro de Santa Cruz-RJ. O padrão de distribuição entre os diversos uso e ocupação do solo manteve-se nas imagens representativas de maio e junho, contudo observou-se diminuição nos valores do albedo com a aproximação do início do inverno.

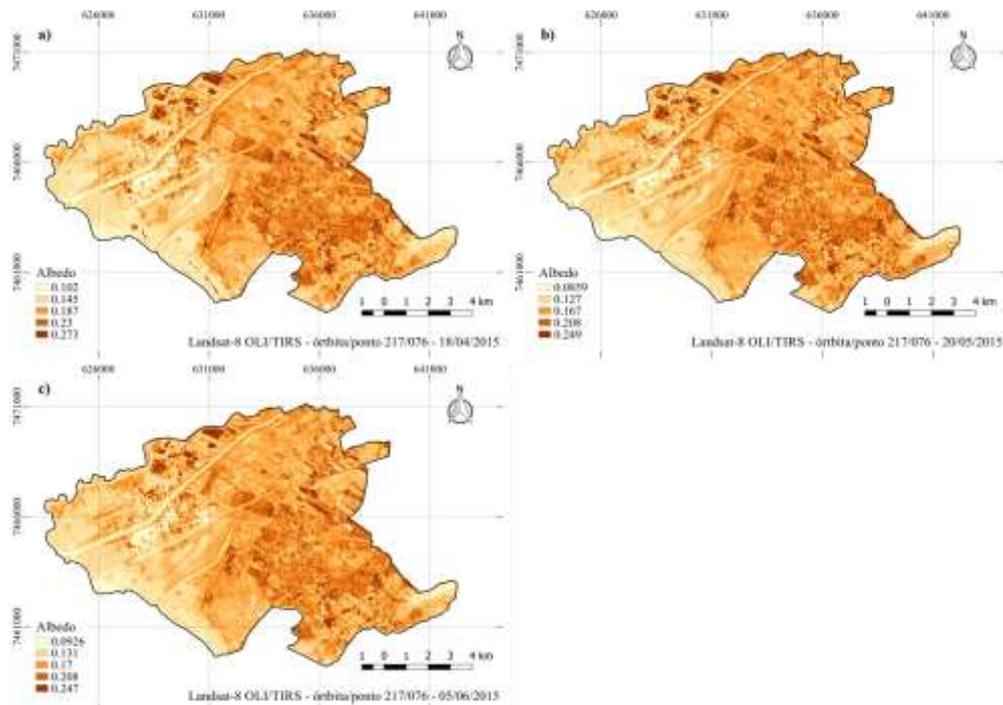


Figura 3. Albedo da superfície para o bairro de Santa Cruz-RJ nas datas: a) 18/04/2015, b) 20/05/2015 e c) 05/06/2015.

Na Figura 4 são apresentados os valores do NDVI, gerados para três imagens no bairro de Santa Cruz-RJ, onde também se observa a grande variabilidade espacial. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi proposto por Rouse et al. (1973), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. A normalização consiste numa relação entre as medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo e a vermelha (PONZONI; SHIMABUKURO, 2012).

A classe Solo exposto apresentou menores valores médios para o NDVI, enquanto que a classe Vegetação Secundária em estágio inicial apresentou valores superiores a 0,7 (Tabela 2), o que implica em maior presença de biomassa. O valor da classe Vegetação Secundária em estágio inicial foi maior no dia 18/04/2015 (0,747) e menor no dia 05/06/2015 (0,711). Na literatura, existem diversos estudos que destacam o potencial do uso de imagens de Landsat para estudos de quantificação de biomassa (WEBER; SCHAEPMAN-STRUB; ECKER, 2018). Zhu e Liu (2015), utilizaram o NDVI para estudar o comportamento e crescimento de uma floresta no Sudeste Ohio, perfeitamente analisaram que os valores máximos de NDVI se deram quando a vegetação atingiu o máximo de vigor vegetativo, e os valores mínimos de NDVI foram constatados na estação em que todas as árvores sofrem redução fotossintética, concluindo que o NDVI (Landsat), tem capacidade de ilustrar sazonalmente a estrutura de uma floresta, com relação direta na quantidade de biomassa florestal.

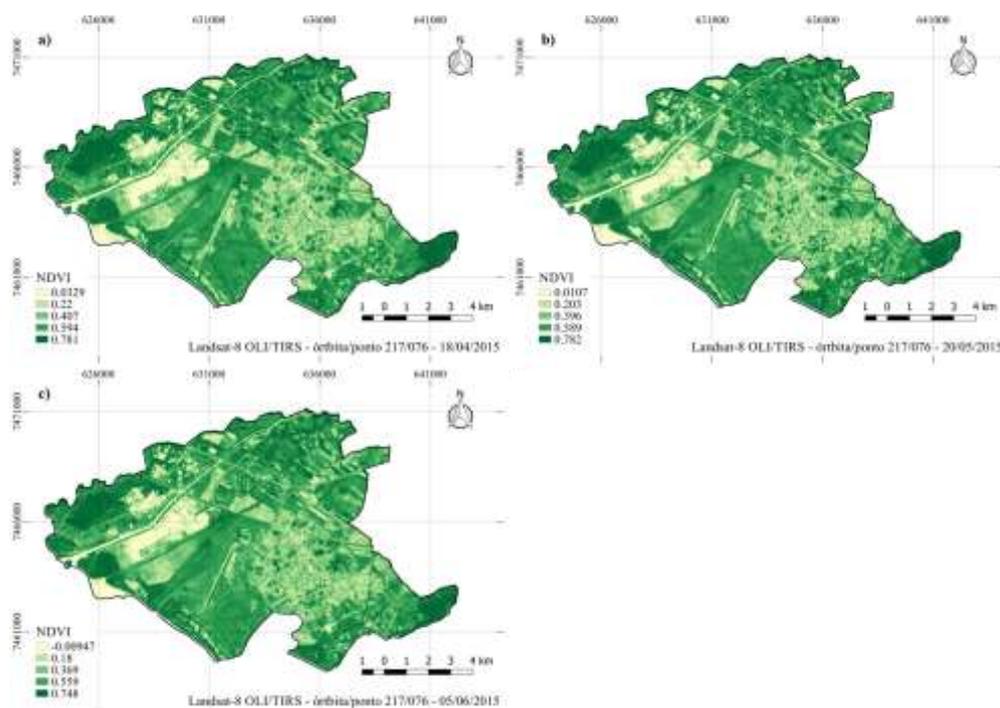


Figura 4. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada para o bairro de Santa Cruz-RJ nas datas: a) 18/04/2015, b) 20/05/2015 e c) 05/06/2015.

Tabela 2. Valores médios do NDVI

	NDVI		
Classes	18/04/2015	20/05/2015	05/06/2015
Água	0.420	0.406	0.381
Áreas úmidas	0.282	0.262	0.234
Agricultura	0.624	0.620	0.590
Floresta	0.641	0.644	0.608
Mangue	0.639	0.657	0.626
Ocupação Urbana de Alta Densidade	0.631	0.615	0.581
Ocupação Urbana de Baixa Densidade	0.527	0.529	0.498
Ocupação Urbana de Média Densidade	0.375	0.376	0.355
Pastagem	0.558	0.548	0.514
Pastagem em Várzea	0.580	0.574	0.541
Solo exposto	0.212	0.195	0.176
Vegetação Secundária em estágio inicial	0.747	0.745	0.711

Na Figura 5 é apresentada a variação espacial da temperatura da superfície (T_s) instantânea, ou seja, T_s estimada para o local de estudo no momento da passagem do satélite (12:51 h). Observou-se que, as menores temperaturas ocorreram sobre corpos d'água e áreas vegetadas, as maiores sobre áreas secas e de solo exposto (classe de tonalidade vermelha). Devido à resolução espacial da banda 10 e 11 (100 m) os objetos na imagem não se apresentam bem delimitados. A temperatura da superfície variou entre 297,8 K (24,6 °C) e 302,9 K (29,7 °C), com média de 300,3 K (27,2 °C) para a imagem referente ao dia 18/04/2015 (Figura 5a).

Os valores da T_s variaram entre 294,4 K (21,2 °C) e 298,78 K (25,6 °C), com média de 296,6 K (23,4 °C) na Figura 5b, que corresponde a data de 20/05/2015. Entretanto, para a

data de 05/06/2015 (Figura 5c), a temperatura da superfície variou entre 295,7 K (22,5 °C) e 300,3 K (27,1 °C), com média de 298,0 K (27,1 °C).

Leivas et al. (2007) observou na região de Eldorado do Sul-RS que as maiores temperaturas da superfície foram em áreas urbanizadas ou de solo exposto (23 °C) e que as menores estavam localizadas sobre áreas de corpos d'água (16 °C). Dessa forma, os resultados do estudo realizado por Leivas et al. (2007) corroborou com os resultados encontrados para o bairro de Santa Cruz-RJ.

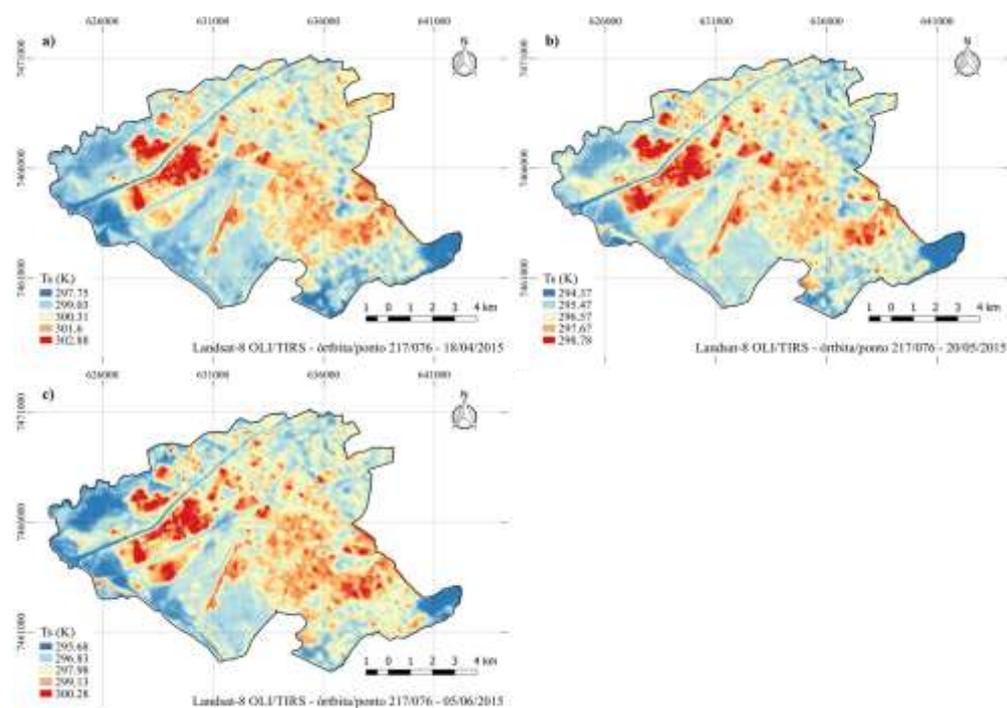


Figura 5. Temperatura da superfície instantânea para o bairro de Santa Cruz-RJ nas datas: a) 18/04/2015, b) 20/05/2015 e c) 05/06/2015.

A Figura 6 apresenta o saldo de radiação (R_n) para a área de estudo nas três datas analisadas nesse trabalho. Os valores do R_n variaram entre 405,6 e 538,7 $W.m^{-2}$ (18/04/2015); 353,1 e 462,8 $W.m^{-2}$ (20/05/2015); 324,3 e 424,4 $W.m^{-2}$ (05/06/2015). Os maiores valores do R_n foram observados em superfícies líquidas, áreas úmidas e cobertas por minério. Silva et al. (2005b) encontraram para o Nordeste Brasileiro a tendência dos maiores R_n sobre superfícies líquidas, o que coincide com os resultados obtidos para as três datas analisadas no presente trabalho.

Lima et al. (2009) apresentam um estudo para a região do Rio Grande, que fica na divisa entre São Paulo e Minas Gerais, e justifica o comportamento de maiores valores para R_n encontrados para superfícies líquidas pelo efeito combinado do albedo e da temperatura da superfície. Isso é devido ao albedo influenciar o balanço de ondas curtas, e a temperatura da superfície o balanço de ondas longas. Um menor albedo, caso observado sobre o Rio Grande, resulta em menor reflexão da radiação solar e isso contribui para que o balanço de ondas curtas seja maior, quando comparado com uma superfície de maior reflexão (maior albedo). Enquanto que, uma menor T_s , favorecerá para que o balanço de ondas longas seja menor (em termos de valor) quando comparado a superfícies com maiores temperaturas.

Assim, um menor valor do albedo e da T_s favorecem para que o R_n seja maior sobre superfícies líquidas.

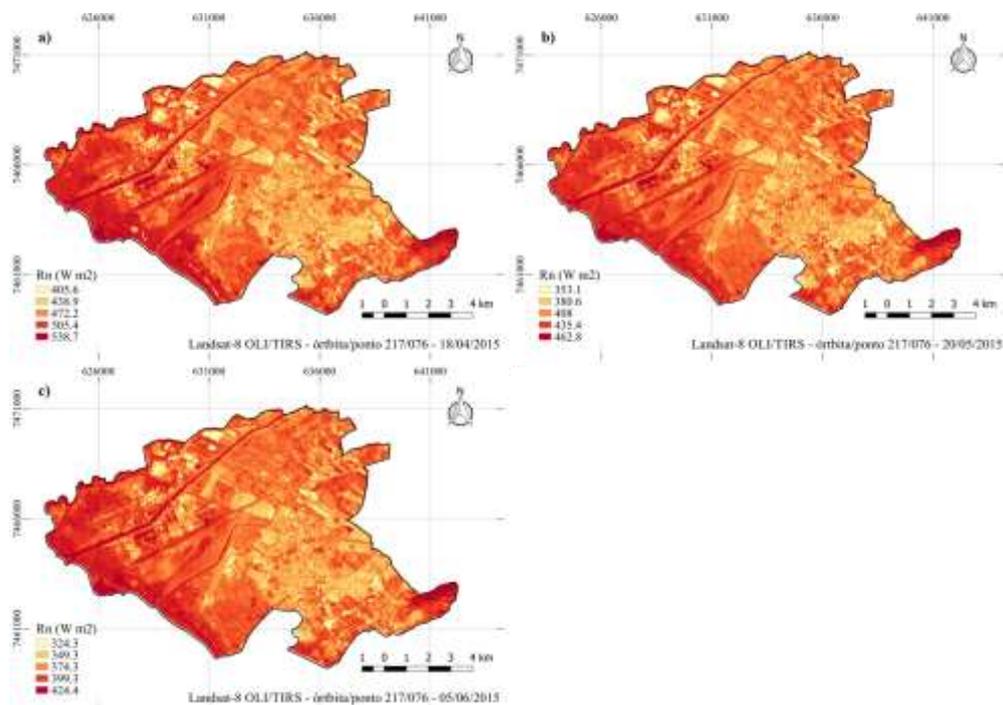


Figura 6. Saldo de radiação para o bairro de Santa Cruz-RJ nas datas: a) 18/04/2015, b) 20/05/2015 e c) 05/06/2015.

Na Tabela 3 são apresentados os maiores e menores valores médios do R_n para as imagens estudadas. A classe Ocupação Urbana de Média Densidade apresentou os menores valores médios para o saldo de radiação, enquanto que a classe Mangue apresentou os maiores valores.

Tabela 3. Valores médios do saldo de radiação

Classes	Rn (W m-2)		
	18/04/2015	20/05/2015	05/06/2015
Água	513.8	439.0	404.3
Áreas úmidas	492.0	420.9	386.9
Agricultura	484.6	416.5	385.7
Floresta	499.3	429.5	395.6
Mangue	521.0	444.2	411.7
Ocupação Urbana de Alta Densidade	486.4	412.0	380.4
Ocupação Urbana de Baixa Densidade	472.2	408.8	374.7
Ocupação Urbana de Média Densidade	457.7	397.3	364.3
Pastagem	481.9	413.8	381.5
Pastagem em Várzea	488.7	419.1	386.6
Solo exposto	474.2	410.2	376.4
Vegetação Secundária em estágio inicial	515.6	440.9	409.6

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados encontrados para os componentes do saldo de radiação obtidos por meio de imagens de satélite apresentam variação condizentes com os apresentados em pesquisas anteriores.

O albedo e a temperatura da superfície sobre corpos d'água e áreas vegetadas, apresentam valores inferiores aos observados em áreas urbanas. Em relação ao NDVI, os maiores valores foram constatados para regiões vegetadas. Já para o R_n , os menores foram obtidos na classe de solo exposto e maiores valores para áreas úmidas e corpos d'água.

Cabe ressaltar que, o uso do solo pode interferir diretamente no saldo de radiação à superfície. Salienta-se que, a aplicação do algoritmo SEBAL, juntamente com imagens do satélite Landsat-8, apresentam resultados satisfatórios quanto a estimativa do saldo de radiação e, assim viabiliza a utilização dessas imagens no acompanhamento da distribuição espaço-temporal da radiação, e como ferramenta para auxiliar na gestão do meio urbano.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, a NASA e ao USGS pela disponibilização das imagens.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BASTIAANSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): Part 2: Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, p. 213–229, 1998.

BORGES, V. P.; DE OLIVEIRA, A. S.; DA SILVA, B. B. Mapeamento e quantificação de parâmetros biofísicos e radiação líquida em área de algodoeiro irrigado. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 485–493, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; DA TRINDADE, J. K. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1157–1166, 2004.

GRASS Development Team. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software, Version 7.4.0. 2018. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org>>.

LEIVAS, J.; GUSSO, A.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. **Estimativa do balanço de radiação na superfície a partir de imagens do satélite ASTER**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, Artigos, p. 255-262, 2007.

LIMA, E.P.; ANDRADE, R.G.; SEDIYAMA, G.C.; DELGADO, R.C.; SOARES, V.P.; GLERIANI, J.M. **Estimativa da evapotranspiração em áreas irrigadas utilizando imagem do Landsat 5-TM**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, pp. 247-254, 2009.

MACHADO, C.C.C.; GALVÍNCIO, J.D.; PEREIRA, E.C.G. **Utilização do IVAS e da Temperatura da superfície para análise multitemporal das mudanças ambientais no Parque Natural da Serra da Estrela (Portugal)**. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra. pp. 1-12, 2010.

MEIRELES, M. **Estimativa da evapotranspiração real pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem Landsat 5 - TM na bacia do Acaraú – CE.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 89p, 2007.

NASCIMENTO, D.T.F.; SOUSA, S.B.; OLIVEIRA, I.J. A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), o uso e cobertura do solo e a topografia no município de Minaçu – GO (2001). **Revista eletrônica Ateliê geográfico**, Goiânia-Go, v.3, n.2, p.93-107, 2009.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação.** Ed. São José dos Campos: Parêntese, 128 p, 2010.

QGIS Development Team. Quantum GIS Software, Version 2.8.3. 2015. Disponível em:<<http://qgis.osgeo.org>>.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.** Third ERTS Symposium. **Anais...1973** Disponível em: <<http://www.citeulike.org/user/kevinpdavies/article/7234782>>

ROY, D. P.; WULDER, M. A.; LOVELAND, T. R.; C.E., W.; ALLEN, R. G.; ANDERSON, M. C.; HELDER, D.; IRONS, J. R.; JOHNSON, D. M.; KENNEDY, R.; SCAMBOS, T. A.; SCHAAF, C. B.; SCHOTT, J. R.; SHENG, Y.; VERMOTE, E. F.; BELWARD, A. S.; BINDSCHADLER, R.; COHEN, W. B.; GAO, F.; HIPPLE, J. D.; HOSTERT, P.; HUNTINGTON, J.; JUSTICE, C. O.; KILIC, A.; KOVALSKYY, V.; LEE, Z. P.; LYMBURNER, L.; MASEK, J. G.; MCCORKEL, J.; SHUAI, Y.; TREZZA, R.; VOGELMANN, J.; WYNNE, R. H.; ZHU, Z. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment. Elsevier**, v. 145, p. 154–172, 2014.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2005a.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 - TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005b.

TAGHVAEIAN, S.; NEALE, C. M. U. Water balance of irrigated areas: a remote sensing approach. **Hydrological Processes**, v. 25, n. 26, p. 4132-4141, 2011.

United States Geological Survey (USGS). Landsat Project Description. Disponível em:<<https://landsat.usgs.gov/landsat-project-description>. Acesso em: Agosto de 2018.

WEBER, D.; SCHAEPMAN-STRUB, G.; ECKER, K. Predicting habitat quality of protected dry grasslands using Landsat NDVI phenology. **Ecological Indicators**, v. 91, p. 447–460, 2018.

WOLFF, W. 2016. **SEBAL_GRASS. Script to calculate daily evapotranspiration for Landsat8 images in GRASS GIS 7.X.** <http://doi.org/10.5281/zenodo.167350>.

ZHU, X.; LIU, D. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 102, p. 222–231, 2015.