



# Monitoramento espaço-temporal das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais em região do Semiárido Brasileiro

Jhon Lennon Bezerra da Silva<sup>(\*)</sup>, Ronaldo Alves de Oliveira Filho, Marcos Vinícius da Silva, Pedro Henrique Dias Batista, Fabrício Marcos Oliveira Lopes e Geber Barbosa de Albuquerque Moura

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE.

E-mails: [johnlennoigt@hotmail.com](mailto:johnlennoigt@hotmail.com), [rcnaldoalvesfoto@hotmail.com](mailto:rcnaldoalvesfoto@hotmail.com), [marcolino\\_114@hotmail.com](mailto:marcolino_114@hotmail.com), [giga\\_pedro@hotmail.com](mailto:giga_pedro@hotmail.com), [pabriciope@gmail.com](mailto:pabriciope@gmail.com) e [geber.moura@ufrpe.br](mailto:geber.moura@ufrpe.br)

<sup>(\*)</sup>Autor para correspondência.

## INFORMAÇÕES

### História do artigo:

Recebido em 11 de dezembro de 2020

Aceito em 9 de janeiro de 2021

### Termos para indexação:

seca

cobertura da terra

saldo de radiação

índices de vegetação

SEBAL

## RESUMO

As condições de mudanças na cobertura e uso da terra do Semiárido Brasileiro se intensificam ao longo tempo devido às mudanças climáticas e a variabilidade pluviométrica. O monitoramento ambiental por satélite das condições biofísicas à superfície favorece no planejamento e gestão na tomada de decisão de forma rápida e eficiente, para mitigar os impactos causados pelos efeitos da seca e ações humanas. Objetivou-se monitorar e avaliar os padrões de respostas das condições biofísicas utilizando dados geoespaciais para a região semiárida de Serra Talhada, Pernambuco, no período de 2015 a 2017. A partir do processamento digital de imagens orbitais do satélite Landsat-8 foram estimados índices de vegetação e o balanço de radiação à superfície, com aplicação do algoritmo SEBAL. O NDVI mostrou-se sensível a cobertura vegetal verde e o índice de área foliar às condições de umidade na vegetação, entretanto destacou o impacto severo da seca e estiagem na região. De modo que, os processos de troca de energia à superfície foram afetados, como destacado no saldo de radiação. Os índices de vegetação indicam áreas com alto déficit hídrico, o que provoca desequilíbrios na vegetação e que, conseqüentemente, afeta os processos de troca de energia e a evapotranspiração da cobertura vegetal.

© 2021 SBAgro. Todos os direitos reservados.

## Introdução

As condições de mudanças e o padrão de comportamento das componentes do balanço de energia à superfície nas regiões semiáridas do Brasil devem ser constantemente monitoradas e atualizadas, devido aos eventos de seca duradouros e cada vez mais intensos, além dos impactos

causados pelas atividades antrópicas, para identificação da vulnerabilidade aos processos degradantes do ambiente natural de Caatinga (Brito et al., 2018).

No Semiárido Brasileiro, a alta variabilidade pluviométrica e ausência de chuvas na maior parte do ano, favorece ao alto déficit hídrico e eleva as condições de semiaridez dessas regiões. De modo que, essas condições podem ser

analisadas de forma prática e eficiente através dos conjuntos de técnicas de sensoriamento remoto e imagens de satélite, a um baixo custo operacional. O processamento digital de dados geoespaciais de satélite permite analisar as condições de mudanças da cobertura e uso da terra em função de parâmetros biofísicos do balanço de energia, destacando principalmente o monitoramento ambiental por índices de vegetação e estimativa do saldo de radiação à superfície (Arraes et al., 2012; Bezerra et al., 2014; Oliveira et al., 2015; Marengo et al., 2017; Mariano et al., 2018; Tomasella et al., 2018).

A modelagem espaço-temporal dessas componentes do balanço de energia à superfície pode ser interpretada por diversos algoritmos, dando destaque ao *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL), essencial na extração de informações geoespaciais em escala regional e global, por meio de modelagem matemática computacional, que tem como principal vantagem uma abordagem prática e eficiente (Bastiaanssen, 2000; Allen et al., 2002; Bastiaanssen et al., 2005; Bezerra et al., 2014).

De modo que, compreender os processos de troca de energia à superfície e as principais respostas espectrais da vegetação permitem detectar medidas eficazes de mitigação dos efeitos degradantes causados ao meio ambiente, especialmente nas regiões semiáridas do Brasil, que são mais vulneráveis à problemas como o desmatamento, queimadas, práticas inadequadas das atividades agropecuárias, degradação ambiental e desertificação da terra (Vieira et al., 2015; Tomasella et al., 2018).

Os índices de vegetação destacam padrões de respostas espectrais das condições da cobertura vegetal, observando principalmente a resiliência da vegetação seja na ausência e/ou presença de chuva. Parâmetros biofísicos como o índice de vegetação da diferença normalizada e o índice de área foliar são importantes para o monitoramento ambiental ao longo do tempo, principalmente, nos períodos de estiagem e seca. Assim como, vale frisar também, o monitoramento do saldo de radiação, que é essencial no processo da evapotranspiração da cobertura vegetal (Silva et al., 2005; Barbosa et al., 2006; Oliveira et al., 2015; Lins et al., 2017).

A capacidade de detecção espectral dos eventos severos

de seca e pressões das atividades antrópicas no ambiente semiárido é um instrumento crucial para o planejamento adequado da cobertura e uso da terra na região, visando a aplicação de políticas públicas sustentáveis de médio e longo prazo.

Diante deste contexto, objetivou-se monitorar os padrões de respostas das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais e técnicas de sensoriamento remoto, para uma região do Semiárido Brasileiro, entre o período de 2015 e 2017.

## Material e métodos

A área de estudo é o município de Serra Talhada, inserido na Mesorregião do Sertão Pernambucano e na Microrregião do Sertão do Pajeú (7° 59' 9" S, 38° 17' 45" W, 444 m), Semiárido Brasileiro. O clima da região é do tipo BSw'h' (semiárido quente e seco), com precipitação anual de 657 mm e temperatura média anual de 25,8 °C (Cruz Neto et al., 2017). Na Figura 1 está ilustrada a área de estudo a partir de uma imagem do satélite Landsat-8 do sensor *Operational Land Imager* (OLI), de resolução espacial de 30 m, destacando as estações meteorológicas de superfície (INMET e ANA).

Para cruzamento de informações, calibrações e correções das imagens orbitais, foram coletados dados meteorológicos de superfície de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na área de estudo, em Serra Talhada-PE, nas seguintes coordenadas: 07° 57' 15,38" S e 38° 17' 42,29" W, altitude de 499 m (especializada na Figura 1). Os dados foram instantâneos, de temperatura do ar ( $T_{ar}$ , °C), umidade relativa do ar (UR, %), pressão atmosférica do ar instantânea ( $P_o$ , kPa) e transmissividade atmosférica ( $\tau_{sw}$ ) (Tabela 1).

Dados de chuva também foram coletados e registrados por uma estação meteorológica da Agência Nacional das Águas (ANA), de código de registro: 00838031, localizada na área de estudo, município de Serra Talhada-PE, nas seguintes coordenadas: 08° 0' 2,16" S e 38° 14' 40,92" W, altitude de 435 m (especializada na Figura 1). A Tabela 2 apresenta os valores da variabilidade da precipitação mensal e os totais anuais da área de estudo, entre os anos de 2015 e 2017.

**Tabela 1.** Dados meteorológicas no instante da passagem do satélite Landsat-8, Serra Talhada - PE.

Satélite	Dia da Imagem	dr (-)	$\theta$ (-)	Tar (°C)	UR (%)	Po (kPa)	$\tau_{sw}$ (-)
	27/04/2015	0,987	0,823	29,3	50	95,85	0,736
Landsat-8	21/11/2015	1,024	0,892	31,0	29	95,67	0,764
Sensores	15/05/2016	0,978	0,793	27,7	52	95,87	0,734
OLI/TIRS	23/11/2016	1,025	0,894	30,5	33	95,63	0,760
	26/11/2017	1,026	0,886	28,7	32	95,85	0,764

Figura 1. Mapa espacial de localização da área de estudo, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

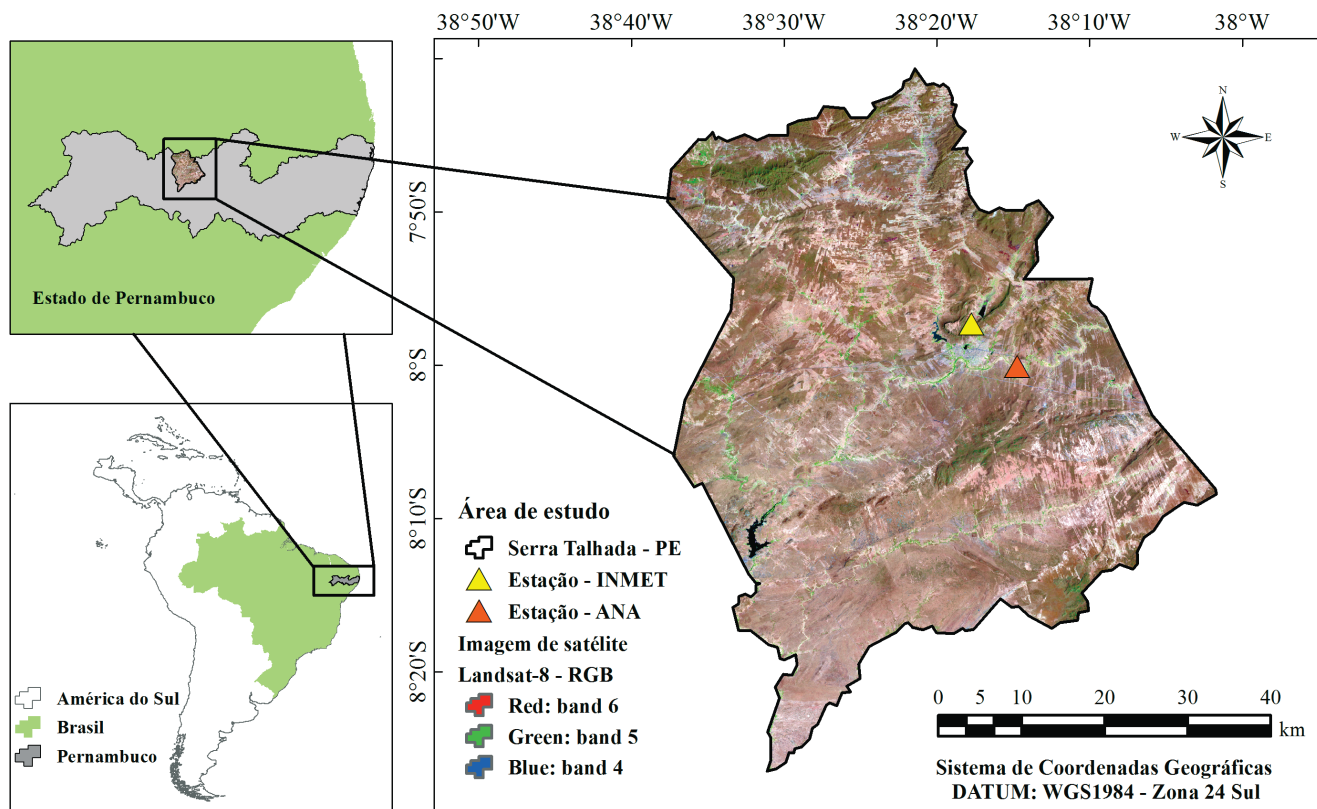


Tabela 2. Precipitação pluviométrica para a região semiárida de estudo, município de Serra Talhada-PE, entre 2015 e 2017.

Mês	Precipitação pluviométrica (mm)		
	2015	2016	2017
Janeiro	24,8	196,0	4,0
Fevereiro	77,9	22,8	110,8
Março	130,0	170,8	107,4
Abril	75,0	6,4	186,0
Mai	64,3	33,8	36,0
Junho	23,2	10,2	69,3
Julho	56,5	0,0	22,4
Agosto	3,8	0,0	2,0
Setembro	0,0	7,5	2,0
Outubro	0,0	0,0	1,3
Novembro	0,0	0,0	2,6
Dezembro	33,0	25,6	30,5
Total (mm)	488,5	473,1	

O estudo foi desenvolvido a partir de cinco imagens orbitais do satélite Landsat-8, dos sensores *Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS), datadas em: 27/04/2015 e 15/05/2016 (correspondente a estação chuvosa) e 21/11/2015, 23/11/2016 e 26/11/2017 (correspondente a estação seca), disponibilizadas pela *United States Geological Survey - USGS* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

No processamento digital foi implementado o *Surface*

*Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL), possibilitando a conversão dos níveis de cinza das imagens em radiância espectral e refletância monocromática a partir da complementação de dados meteorológicos de superfície (e.g., Tabela 1), e por sua vez a determinação de parâmetros como, índices de vegetação e saldo de radiação à superfície. O SEBAL possui um sistema de modelagem computacional de alto impacto capaz de produzir informações de todo o balanço de energia da superfície, favorecendo no monitoramento das condições biofísicas das regiões semiáridas (Bastiaanssen, 2000; Allen et al., 2002). Os principais parâmetros analisados foram determinados conforme os modelos matemáticos a seguir.

Os dados meteorológicos serviram para realizar correções e calibrações específicas no processo de conversão dos níveis de cinza pixel a pixel para radiância espectral e refletância monocromática, utilizando as Equações 1 e 2 (Chander & Markham, 2003).

$$L_b = Add_{rad} + Mult_{rad} \times ND_b \quad (1)$$

em que,  $L_b$  ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) é a radiância espectral, baseada nos termos aditivo ( $Add_{rad}$ ) e multiplicativo ( $Mult_{rad}$ ) relativos à radiância de cada banda do sensor OLI (metadados da imagem fornecidos pela plataforma USGS);  $ND_b$  é a intensidade de cada pixel em cada banda (b, subscrito).

$$r_b = \frac{(Add_{ref} + Mult_{ref} \times ND_b)}{\cos \theta \times d_r} \quad (2)$$

em que,  $r_b$  ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ) é a refletância monocromática, baseada nos termos aditivo ( $Add_{ref}$ ) e multiplicativo ( $Mult_{ref}$ ) relativos à refletância de cada banda do sensor OLI (metadados da imagem fornecidos pela plataforma USGS);  $\theta$  é o ângulo zenital solar, obtido através do ângulo de elevação do Sol (metadados da imagem) (Equação 3);  $d_r$  é o quadrado da razão entre as distâncias média e instantânea entre a Terra e o Sol em dado dia do ano imageado (Equação 4) (Iqbal, 1983).

$$\theta = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) = \sin(E) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{DSA \times 2\pi}{365}\right) \quad (4)$$

em que, DSA é o dia sequencial do ano, em que o argumento da função  $\cos$  está em radianos.

Índices de vegetação foram estimados, a partir das bandas multiespectrais da refletância, como um dos principais parâmetros a ser analisado neste estudo, destacando-se o índice de vegetação da diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) e o índice de área foliar (IAF,  $m^2 m^{-2}$ ).

De modo que, o NDVI foi obtido através da razão entre a diferença das refletâncias do infravermelho próximo ( $r_{b_{IV}}$ ) e do vermelho ( $r_{b_V}$ ), pela soma das mesmas, conforme a Equação 5 (Allen et al., 2002).

$$NDVI = \frac{r_{b_{IV}} - r_{b_V}}{r_{b_{IV}} + r_{b_V}} \quad (5)$$

em que,  $r_{b_{IV}}$  e  $r_{b_V}$  correspondem às bandas multiespectrais da refletância 5 e 4 do sensor OLI, respectivamente.

O IAF é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada, atuando como um indicador da biomassa vegetal e condições de umidade. Foi estimado conforme a Equação 6 (Allen et al., 2007).

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (6)$$

em que, SAVI é o índice de vegetação ajustado as condições do solo da determinada área de estudo.

Em seguida, realizou-se o cômputo da emissividade no domínio da banda larga -  $\epsilon_0$  (5 – 100  $\mu m$ ) (Equação 7), necessária para determinar o saldo de radiação. Conforme Allen et al. (2002), pixels com valores de IAF  $\geq 3$ , considera-se  $\epsilon_0$  no valor de 0,98 e para NDVI < 0,  $\epsilon_0$  igual a 0,985.

$$\epsilon_0 = 0,95 + 0,01 \times IAF \quad (7)$$

De modo que, diante da emissividade na banda larga ( $\epsilon_0$ ) determinou-se a radiação de onda longa emitida pela superfície ( $R_{ol\ emit}$ ,  $W m^{-2}$ ), através da Equação 8 (Allen et al., 2002).

$$R_{ol\ emit} = \epsilon_0 \times \sigma \times T_s^4 \quad (8)$$

em que,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzman ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$ ) e  $T_s$  é a temperatura da superfície, em Kelvin.

Assim, também, determinou-se a radiação de onda curta incidente na superfície ( $R_{sol\ inc}$ ,  $W m^{-2}$ ), para condições de céu claro, conforme a Equação 9 (Allen et al., 2002).

$$R_{sol\ inc} = S \times \cos \theta \times d_r \times \tau_{SW} \quad (9)$$

em que, S é a constante solar no valor de 1367  $W m^{-2}$ .

Por meio da lei de Stefan-Boltzmann obteve-se a radiação de onda longa incidente pela atmosfera ( $R_{ol\ atm}$ ,  $W m^{-2}$ ), em função da emissividade atmosférica do ar ( $\epsilon_a$ ), conforme a Equação 10 (Allen et al., 2002; Bastiaanssen et al., 2005).

$$R_{ol\ atm} = \epsilon_a \times \sigma \times T_{ar}^4 \quad (10)$$

A Equação 11 refere-se a emissividade atmosférica do ar, determinada com base na transmissividade atmosférica instantânea (Tabela 1).

$$\epsilon_a = 0,85 \times (-\ln \times \tau_{SW})^{0,09} \quad (11)$$

O saldo de radiação instantâneo à superfície ( $R_n$ ,  $W m^{-2}$ ), também um dos principais parâmetros deste estudo, foi determinado conforme a Equação 12 (Allen et al., 2002).

$$R_n = R_{sol\ inc} (1 - \alpha_{sup}) - R_{ol\ emit} + R_{ol\ atm} - (1 - \epsilon_0) \times R_{ol\ atm} \quad (12)$$

em que,  $\alpha_{sup}$  é o albedo de superfície;  $R_{sol\ inc}$ , ( $W m^{-2}$ ) – radiação de onda curta incidente na superfície;  $R_{ol\ emit}$ , ( $W m^{-2}$ )

– radiação de onda longa emitida pela superfície;  $R_{ol\ atm}$  ( $W\ m^{-2}$ ) – radiação de onda longa incidente pela atmosfera;  $\epsilon_0$  (5 – 100  $\mu m$ ) – emissividade no domínio da banda larga (Allen et al., 2002).

Os parâmetros biofísicos foram analisados através da estatística descritiva, por meio de medidas de tendência central (médio) e dispersão (mínimo, máximo, desvio padrão – DP e coeficiente de variação – CV, %).

Os valores quantitativos dos mapas temáticos foram avaliados quanto a sua variabilidade espaço-temporal a partir do CV, conforme os critérios de classificação de Warwick & Nielsen (1980):  $CV < 12\%$  - baixa variabilidade, entre  $12\% < CV < 60\%$  - média variabilidade, e  $CV > 60\%$  - alta variabilidade.

O processamento digital de imagens foi realizado a partir do Software ERDAS IMAGINE®, versão 9.1. Os layouts deste trabalho foram produzidos a partir do Software ArcGIS®, versão 10.2.2.

## Resultados e discussão

A extração de informações geoespaciais pelo algoritmo SEBAL foi eficiente no desenvolvimento de mapas temáticos dos índices de vegetação e saldo de radiação à super-

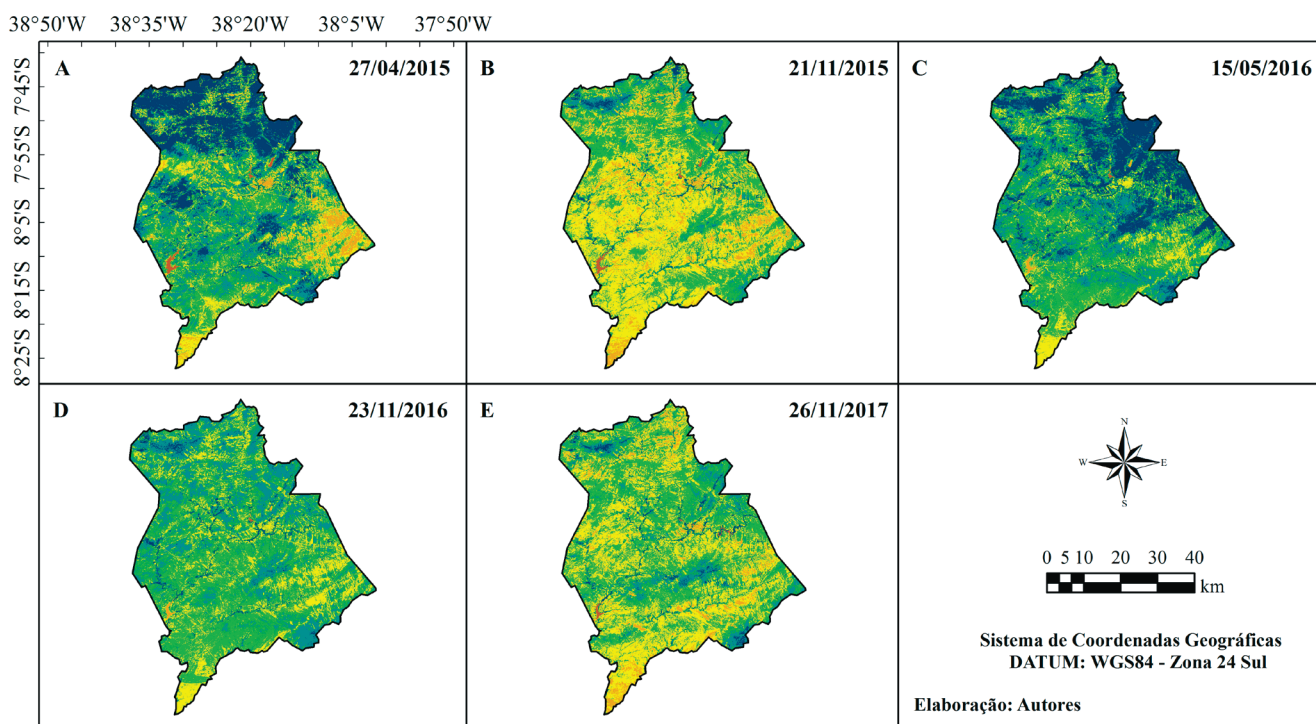
fície, destacando as principais condições de mudanças e o padrão de resposta espectral tanto na estação chuvosa quanto na seca, no município de Serra Talhada-PE.

As Figuras 2 e 3 ilustram o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e o índice de área foliar (IAF), respectivamente. Os mapas temáticos destacaram as condições de mudanças e o padrão de comportamento dos diferentes tipos de cobertura e uso da terra na região semiárida de Serra Talhada-PE.

Os mapas temáticos do NDVI, nas imagens dos dias 27/04/2015 (Figura 2A) e 15/05/2016 (Figura 2C), destacaram os maiores valores da cobertura vegetal. As regiões ao norte e nordeste dos mapas possuem valores entre 0,39 e 0,85 (Figuras 2A e 2B), respectivamente. Esses valores estão associados a estação chuvosa da região semiárida, sendo que, no trimestre anterior ao mês das imagens foram observados valores de precipitação de 232,7 mm para o dia 27/04/2015, e de 389,6 mm para o dia 15/05/2016 (e.g., Tabela 2).

O NDVI apresentou sensibilidade aos eventos de chuva. A área de estudo possui vegetação natural do bioma Catinga, que corresponde de maneira rápida e destaca sua resiliência em função da precipitação (Arraes et al., 2012; Bezerra et al., 2014; Lins et al., 2017). Esse comportamento pode identificar a vulnerabilidade aos processos de de-

Figura 2. Distribuição espaço-temporal do índice de vegetação NDVI, Serra Talhada-PE, entre 2015 e 2017.

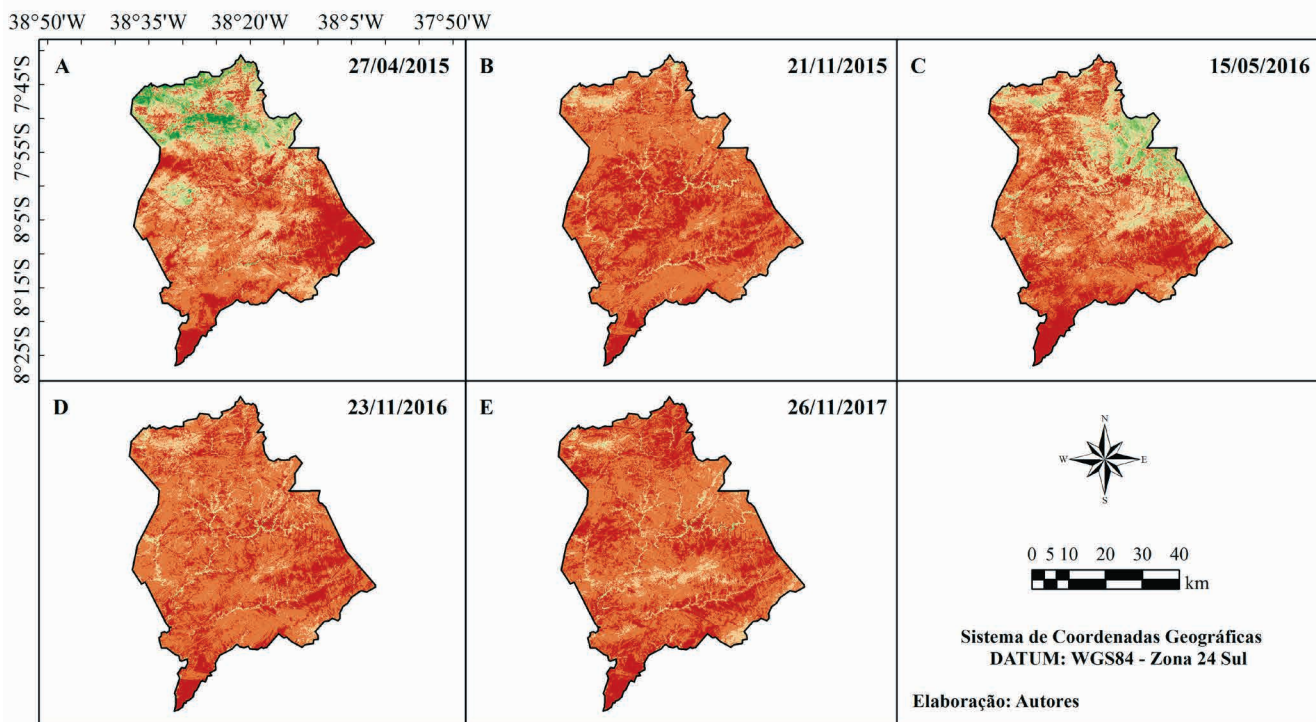


### Legenda:

#### Normalized Difference Vegetation Index - NDVI

- 1,00 - -0,01
- 0,21 - 0,25
- 0,30 - 0,38
- 0,00 - 0,20
- 0,26 - 0,29
- 0,39 - 0,85

Figura 3. Distribuição espaço-temporal do índice de vegetação IAF, Serra Talhada-PE, entre 2015 e 2017.



**Legenda:**

**Índice de área foliar - IAF (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)**

- 0,00 - 0,20   ■ 0,34 - 0,60   ■ 1,21 - 3,35
- 0,21 - 0,34   ■ 0,61 - 1,20   ■ 3,36 - 4,83

gradação ambiental em determinada região do município de Serra Talhada. De modo que, um ponto principal a ser analisado mais criteriosamente seria a região sul do município.

O IAF destaca mais nitidamente os efeitos severos da seca e longa estiagem na região, retratados principalmente nas imagens dos dias 21/11/2015 (Figura 3B), 23/11/2016 (Figura 3D) e 26/11/2017 (Figura 3E), que estão associados a estação seca do município. Vale destacar que, para todas as imagens da estação seca, no trimestre anterior, observou-se à ausência de chuvas, tal qual apresentaram precipitações menores do que 10 mm (e.g., Tabela 2). Para tanto, a região semiárida de estudo destacou altas condições de déficit hídrico pela alta variabilidade pluviométrica em função da ausência dos eventos de chuva, que por sua vez não atingiram a média histórica anual da região (657 mm ano<sup>-1</sup>), ficando abaixo de 600 mm anual (e.g., Tabela 2).

Por outro lado, as imagens da estação chuvosa mantêm áreas com cobertura vegetal fotossinteticamente ativa, nos dias 27/04/2015 (Figura 3A) e 15/05/2016 (Figura 3C), nas regiões norte e nordeste dos mapas temáticos (Figura 3). A forte presença da umidade principalmente devido aos eventos de chuva pode ter favorecido essas regiões, tais quais podem ser áreas com vegetação de Caatinga densa e/ou áreas irrigadas.

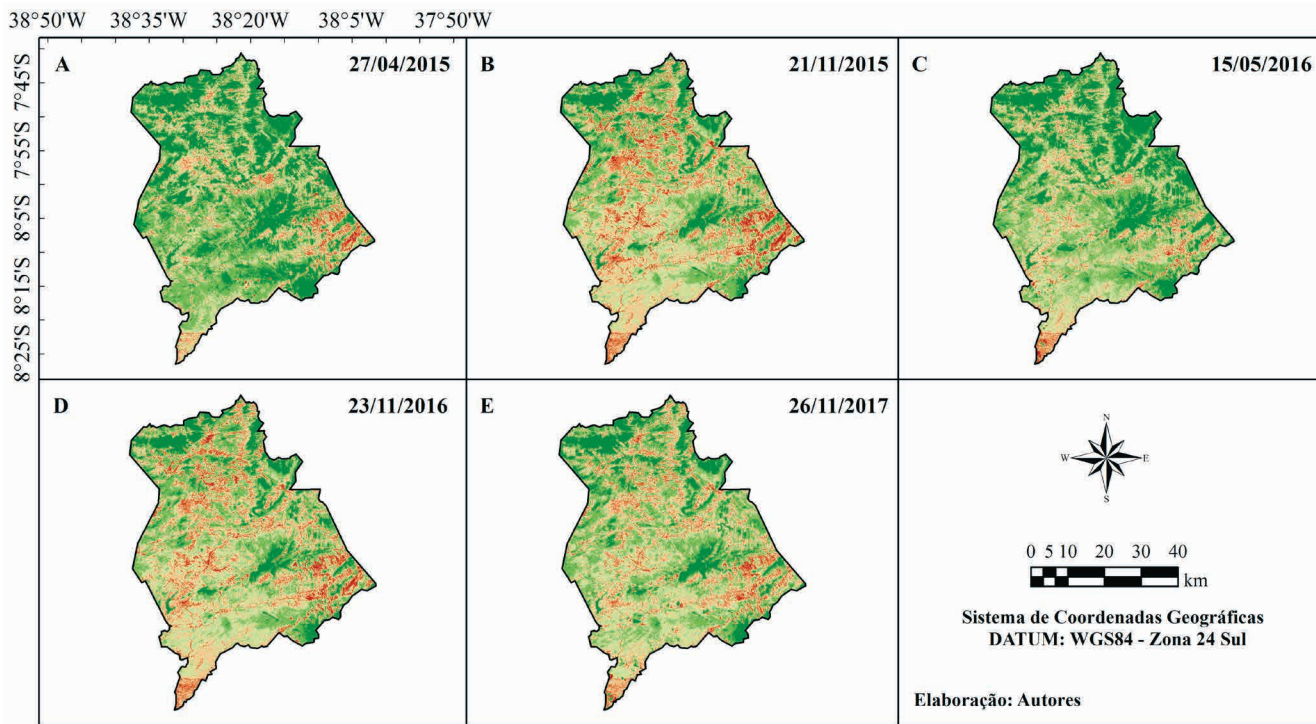
Os índices de vegetação destacaram principalmente

as condições da vegetação verde, devido a sensibilidade do NDVI, e as condições de umidade, observada pelo IAF, evidenciando a resposta espectral dos usos da terra sobre áreas de superfície heterogênea, como nas áreas que apresentam cobertura vegetal natural do bioma Caatinga, permitindo avaliar os efeitos da seca e estiagem na região semiárida.

Na Figura 4 ilustra-se o saldo de radiação à superfície, este que exerce papel fundamental nos processos de troca de energia entre a superfície terrestre e atmosfera, principal fonte de energia a ser utilizada na evapotranspiração da cobertura vegetal (Silva et al., 2005; Oliveira et al., 2015). Destaca-se que, diante das condições de seca, os processos de trocas de energia são afetados e diminuí drasticamente o saldo de radiação, conseqüentemente o processo da evapotranspiração da vegetação.

A região sul dos mapas temáticos de todos os parâmetros biofísicos destacou um fato semelhante ao longo do tempo, seja diante da estação chuvosa ou seca, quando apresentaram indicativos de áreas degradadas, com valores de índices de vegetação próximos de zero (Figuras 2 e 3), assim como, no saldo de radiação (Figura 4). Vale frisar que, deste modo, essas áreas favorecem a menor existência de energia disponível a ser repartida nos processos da evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo (Arraes et al., 2012).

Figura 4. Distribuição espaço-temporal do saldo de radiação à superfície, Serra Talhada-PE, entre 2015 e 2017.



**Legenda:**  
**Saldo de radiação à superfície ( $W m^{-2}$ )**  
 ■ 8,0 - 470 ■ 520 - 559 ■ 603 - 652  
 ■ 471 - 519 ■ 560 - 602 ■ 653 - 835

Tabela 3. Análise quantitativa e estatística descritiva dos índices de vegetação e saldo de radiação à superfície, para a região semiárida de Serra Talhada-PE.

Parâmetros biofísicos	Data da imagem	Parâmetros estatísticos				
		Mínimo	Máximo	Médio	DP	CV (%)
NDVI	27/04/2015	-0,81	0,85	0,57	0,14	24,0
	21/11/2015	-0,52	0,85	0,24	0,05	21,0
	15/05/2016	-1,00	0,85	0,48	0,13	27,0
	23/11/2016	-0,61	0,84	0,25	0,05	20,0
	26/11/2017	-0,75	0,85	0,26	0,06	23,0
IAF ( $m^2 m^{-2}$ )	27/04/2015	0,86	4,83	0,49	1,09	224,0
	21/11/2015	0,19	3,36	0,23	0,11	48,0
	15/05/2016	0,62	4,06	0,93	0,56	60,0
	23/11/2016	0,20	3,40	0,23	0,11	48,0
	26/11/2017	0,22	3,78	0,26	0,16	61,0
Saldo de radiação ( $W m^{-2}$ )	27/04/2015	8,0	719	572	43,0	7,0
	21/11/2015	25,0	813	582	62,0	11,0
	15/05/2016	7,0	683	523	45,0	9,0
	23/11/2016	26,0	823	584	59,0	10,0
	26/11/2017	27,0	835	604	58,0	9,0

Na Tabela 3 apresenta os parâmetros estatísticos e a variabilidade quantitativa e espaço-temporal dos parâmetros biofísicos à superfície, para a região semiárida de Serra Talhada-PE.

Os valores do NDVI variaram de -1,00 a 0,85, enquanto

os do IAF ficaram entre 0,00 e 4,83  $m^2 m^{-2}$  e o saldo de radiação entre 8,0 e 835  $W m^{-2}$  (Tabela 3). Os valores negativos do NDVI correspondem a áreas cobertas por corpos hídricos e, como esperado, os maiores valores médios dos índices de vegetação NDVI e IAF foram apresentados diante das ima-

gens da estação chuvosa (27/04/2015 e 15/05/2016), que destacam áreas com cobertura vegetal densa mais áreas irrigadas, confirmando também a rápida resposta da Caatinga em função da precipitação (Tabela 3).

Os valores médios do NDVI e IAF destacam uma baixa condição da cobertura vegetal na região. O NDVI teve boa recuperação nas imagens da estação chuvosa (27/04/2015 e 15/05/2016), enquanto na estação seca os valores confirmam os efeitos severos da seca e longa estiagem (Tabela 3).

O IAF demonstra uma condição mais preocupante em todas as imagens da análise espaço-temporal, apesar das maiores médias nas imagens da estação chuvosa (27/04/2015 e 15/05/2016), o índice varia apenas de 0,23 a 0,93 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, ou seja, com valores próximos de zero, indicando baixa condição de biomassa vegetal (Tabela 3). Entretanto, esse comportamento se dá pela característica fisiológica de defesa da vegetação de Caatinga, que é a perda da folhagem devido ao longo período de estiagem, pois a região está inserida no Semiárido Brasileiro, que por sua vez decorre da alta variabilidade pluviométrica, acarretando em problemas de déficit hídrico acentuado (Bezerra et al., 2014; Silva et al., 2020).

Os maiores valores do saldo foram observados nas áreas que possui uma menor perda por reflexão e emissão, enquanto os baixos valores foram sobre às possíveis áreas de maior atividade antrópica, solo exposto e/ou áreas degradadas, pelas quais são áreas com maior perda de energia solar, tanto por emissão quanto por reflexão (Oliveira et al., 2015).

A análise do saldo se destacou por apresentar mapas temáticos da cobertura e uso da terra de baixa variabilidade, com valores do CV entre 7,0 e 11,0%. O NDVI mostrou-se de média variabilidade, com CV entre 20,0 e 27,0%. O IAF apresentou condições temáticas de média e alta variabilidade (Tabela 2), o que é típico deste parâmetro (e.g., Silva et al., 2019).

Silva et al. (2005) destacaram que o saldo de radiação à superfície é essencial no sistema solo-planta-atmosfera, devido ser um dos elementos principais na determinação do balanço de energia e, também, da evapotranspiração da vegetação, com isso, sua aplicabilidade pode ser constantemente utilizada diante do monitoramento climático/ambiental, nas previsões do tempo e principalmente na meteorologia agrícola.

## Conclusões

Os índices de vegetação NDVI e IAF são bons indicadores das condições de mudanças em função da estiagem e efeitos severos da seca na região semiárida de Serra Talhada, PE. Sendo o NDVI sensível à cobertura vegetal verde e o IAF às condições de umidade na vegetação.

As condições de alto déficit hídrico provocaram dese-

quilíbrios no ecossistema natural de Caatinga e prejudicou diretamente os processos de troca de energia à superfície, como destacado no saldo de radiação à superfície.

## Contribuição dos autores

J. L. B. da SILVA, R. A. de OLIVEIRA FILHO, M. V. da SILVA, P. H. D. BATISTA, P. M. O. LOPES e G. B. de A. MOURA compartilharam igualmente a concepção do projeto de pesquisa, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica do artigo.

## Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e também o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Aos órgãos, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilidade dos dados meteorológicos de superfície.

## Referências bibliográficas

- ALLEN, R.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, p.380-394, 2007. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(380)
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSEN, W. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual - **Idaho Implementation**, version 1.0. Idaho: University of Idaho, v.1, 2002. 97p. Disponível: <http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-479-Waters-et-al-SEBAL.pdf>
- ARRAES, F.D.D.; ANDRADE, E.M.; SILVA, B.B. Dinâmica do balanço de energia sobre o açude Orós e suas adjacências. *Caatinga*, v.25, p.119-127, 2012. Disponível: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237123860018>. Acesso: 17 Mai. 2019.
- BARBOSA, H.A.; HUETE, A.R.; BAETHGEN, W.E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of arid environments*, v.67, p.288-307, 2006. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2006.02.022
- 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. DOI: 10.1016/S0022-1694(99)00202-4
- BASTIAANSEN, W.G.M.; NOORDMAN, E.J.M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G.; THORESON, B.P.; ALLEN, R.G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.131, p.85-93, 2005. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(2005)131:1(85)
- BEZERRA, J.M.; MOURA, G.B.A.; SILVA, B.B.; LOPES, P.M.O.; SILVA, E.F.F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.73-84, 2014. DOI: 10.1590/S1415-43662014000100010
- BRITO, S.S.B.; CUNHA, A.P.M.; CUNNINGHAM, C.C.; ALVALÁ, R.C.; MARENGO, J.A.; CARVALHO, M.A. Frequency, duration and severity of drought in the Semi-arid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, v.38, p.517-529, 2018. DOI: 10.1002/joc.5225



CHANDER, G.; MARKHAN, B. Revised Landsat 5 - TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, v.41, p.2674-2677, 2003. DOI: 10.1109/TGRS.2003.818464

CRUZ NETO, J.F.; MORAIS, J.E.F.; SOUZA, C.A.A.; SOUSA CARVALHO, H.F.; RODRIGUES, C.T.A.; SILVA, T.G.F. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2, p.98-106, 2017. DOI: 10.24221/jeap.2.2.2017.1170.98-106

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press., 1983, 390p.

LINS, F.A.C.; ARAÚJO, D.C.S.; SILVA, J.L.B.; LOPES, P.M.O.; OLIVEIRA, J.D.A.; SILVA, A.T.C.S.G. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido Pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **Irriga**, v.1, p.64-75, 2017. DOI: 10.15809/irriga.2017v1n1p64-75

MARENGO, J.A.; TORRES, R.R.; ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v.129, p.1189-1200, 2017. DOI: 10.1007/s00704-016-1840-8

MARIANO, D.A.; SANTOS, C.A.; WARDLOW, B.D.; ANDERSON, M.C.; SCHILTMAYER, A.V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M.D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v.213, p.129-143, 2018. DOI: 10.1016/j.rse.2018.04.048

OLIVEIRA, L.M.M.; SILVA, B.B.; MOURA, A.E.S.S. Balanço de radiação por sensoriamento remoto em bacia hidrográfica da zona da mata nordestina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, p.16-28, 2015. DOI: 10.1590/0102-778620130652

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, p.243-252, 2005. Disponível: [http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA\\_download/ISR/UFPE/56-2004\\_BBBarbosa-aceito.pdf](http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA_download/ISR/UFPE/56-2004_BBBarbosa-aceito.pdf)

SILVA, J.L.B.; MOURA, G.B.A.; LOPES, P.M.O.; FRANÇA E SILVA, Ê.F.; ORTIZ, P.F.S.; SILVA, D.A.O.; SILVA, M.V.; GUEDES, R.V.S. Spatial-Temporal Monitoring of the Risk of Environmental Degradation and Desertification by Remote Sensing in a Brazilian Semiarid Region. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, p.544-563, 2020. DOI: 10.26848/rbfg.v13.2.p544-563

TOMASELLA, J.; VIEIRA, R.M.S.P.; BARBOSA, A.A.; RODRIGUEZ, D.A.; OLIVEIRA SANTANA, M.; SESTINI, M.F. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000-2016. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.73, p.197-206, 2018. DOI: 10.1016/j.jag.2018.06.012

VIEIRA, R.M.S.P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R.C.S.; SESTINI, M.F.; AFFONSO, A.G.; RODRIGUEZ, D.A.; ... & OLIVEIRA, S.B.P. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v.6, p.347-360, 2015. DOI: 10.5194/se-6-347-2015

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. **Applications of soil physics**. Academic Press, 1980. 350p.

## REFERENCIAÇÃO

SILVA, J. L. B.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SILVA, M. V.; BATISTA, P. H. D.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. A. Monitoramento espaço-temporal das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais em região do Semiárido Brasileiro. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.29, e026851, 2021.

Declaração: este trabalho está sendo publicado conforme foi aceito pelo INOVAGRI Meeting Virtual 2020. Não houve revisão editorial adicional por pares que tenha sido solicitada por AGROMETEOROS.



# Spatial-temporal monitoring of biophysical conditions to the surface using geospatial data in Brazilian Semiarid region

Jhon Lennon Bezerra da Silva<sup>1(\*)</sup>, Ronaldo Alves de Oliveira Filho, Marcos Vinícius da Silva, Pedro Henrique Dias Batista, Pabrcio Marcos Oliveira Lopes and Geber Barbosa de Albuquerque Moura

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE, Brazil.

E-mails: [jhonlennoigt@hotmail.com](mailto:jhonlennoigt@hotmail.com), [rcnaldoalvesfoto@hotmail.com](mailto:rcnaldoalvesfoto@hotmail.com), [marcolino\\_114@hotmail.com](mailto:marcolino_114@hotmail.com), [giga\\_pedro@hotmail.com](mailto:giga_pedro@hotmail.com), [pabrciope@gmail.com](mailto:pabrciope@gmail.com) and [geber.moura@ufrpe.br](mailto:geber.moura@ufrpe.br)

(\*)Corresponding author.

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 11 December 2020

Accepted 9 January 2021

### Index terms:

drought

land cover

net radiation

vegetation indexes

SEBAL

## ABSTRACT

The conditions for changes in cover and land use in the Brazilian Semiarid have intensified over time due to climate change and rainfall variability. The Satellite environmental monitoring of the biophysical conditions on the surface favors quick and efficient planning and management in decision making, to mitigate the impacts caused by the effects of drought and human actions. The objective was to monitor and evaluate the response patterns of biophysical conditions using geospatial data for the semi-arid region of Serra Talhada, Pernambuco, in the period from 2015 to 2017. From the digital processing of orbital images from the Landsat-8 satellite, vegetation indices and surface radiation balance was estimated, with the application of the SEBAL algorithm. NDVI was sensitive to green vegetation cover and the leaf area index to humidity conditions in the vegetation, however, he highlighted the severe impact of drought and drought in the region. So, the energy exchange processes at the surface were affected, as highlighted in the radiation balance. Vegetation indices indicate areas with high water deficit, which causes imbalances in vegetation and, consequently, it affects the energy exchange processes and the evapotranspiration of the vegetation cover.

© 2021 SBAgro. All rights reserved.

## CITATION

SILVA, J. L. B.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SILVA, M. V.; BATISTA, P. H. D.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. A. Monitoramento espaço-temporal das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais em região do Semiárido Brasileiro. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.29, e026851, 2021

Disclaimer: this papers is published as accepted by the INOVAGRI Meeting Virtual 2020. There was no further peer review by AGROMETEOROS editorial board.