

## Avaliação do índice de vegetação produto do Sensoriamento Remoto EEFLUX em regiões semiáridas brasileiras

Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto<sup>1</sup>, Jadson Freire da Silva<sup>2</sup>, Mariana de Arruda Galdino<sup>3</sup>, Gabriel Antonio Silva Soares<sup>4</sup>, Juliana Patrícia Fernandes Guedes Barros<sup>4</sup>, Josiclêda Domiciano Galvêncio<sup>5</sup>

<sup>(1)</sup> Graduando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, verissimo.pinheiro@ufpe.br

<sup>(2)</sup> Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Instituto Federal do Maranhão.

<sup>(3)</sup> Departamento de Química, Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>(4)</sup> Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>(5)</sup> Professora do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, josicleda.galvencio@ufpe.br

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 20/01/2024 – Revisado em: 23/02/2024 – Aceito em: 15/03/2024

### RESUMO

A região semiárida brasileira é assolada com diversas adversidades climáticas nas quais a fazem uma região potencial para o monitoramento perene de suas dinâmicas. Observando tais características, o sensoriamento remoto junto ao processamento serve como um grande apoio no acompanhamento destas áreas e no suporte a decisões na gestão. Nos dias atuais, visando a velocidade e melhoria no sensoriamento remoto, um grupo de universidades junto a empresas lançam na plataforma virtual o projeto EEFlux - Earth Engine Evapotranspiration Flux, onde diversos produtos como a reflectância, albedo e NDVI são disponíveis para download gratuitamente. Avaliar a qualidade destas imagens para a região semiárida brasileira é de grande importância, uma vez que comprovada a veracidade desta, novos produtos poderão ser executados. Isto posto, este trabalho tem como objetivo avaliar o Índice de vegetação produto do sensoriamento remoto EEFlux em regiões semiáridas brasileiras. Utilizou-se imagens de Itaparica e de Petrolina, Pernambuco oriundas da USGS e do EEFlux, onde estas foram processadas e classificadas para análise. Observa-se grande semelhança nos histogramas dos produtos de processamento convencional e do automático EEFlux, no qual são verificados maiores valores no intervalo (0,1-0,3) para o processamento convencional enquanto os valores EEFlux se sobressaem no intervalo (0,3-0,5) apresentando visualização espacial concomitante. Constatou-se o elevado grau de qualidade no que se refere ao Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI oriundo do processamento automático EEFlux para os ambientes semiáridos estudados. Seus valores se assemelham com os resultados dos produtos processados convencionalmente, permitindo assim, análise acurada do pesquisador.

**Palavras-Chaves:** Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, NDVI.

### ABSTRACT

Brazil's semi-arid region is plagued by various climatic adversities which make it a potential region for the permanent monitoring of its dynamics. With these characteristics in mind, remote sensing and processing are a great help in monitoring these areas and supporting management decisions. Nowadays, with a view to speeding up and improving remote sensing, a group of universities and companies have launched the EEFlux - Earth Engine Evapotranspiration Flux project on a virtual platform, where various products such as reflectance, albedo and NDVI are available to download free of charge. Evaluating the quality of these images for the Brazilian semi-arid region is of great importance, since once their veracity has been proven, new products can be developed. With this in mind, the aim of this study was to evaluate the vegetation index product of EEFlux remote sensing in semi-arid regions of Brazil. We used images of Itaparica and Petrolina, Pernambuco from the USGS and EEFlux, where they were processed and classified for analysis. The histograms of the conventional and automatic EEFlux processing products are very similar, with higher values in the interval (0.1-0.3) for conventional processing, while the EEFlux values stand out in the interval (0.3-0.5), showing concomitant spatial visualization. The high quality of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from the EEFlux automatic processing for the semi-arid environments studied was confirmed. Its values are like the results of conventionally processed products, thus allowing for accurate analysis by the researcher.

**Keywords:** Remote Sensing, Geoprocessing, NDVI.

Pinheiro Neto et al. (2024). Avaliação do índice de vegetação produto do Sensoriamento Remoto EEFLUX em regiões semiáridas brasileiras. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.5, n.1, p.69-81.



## 1. Introdução

Historicamente, a área que abrange o semiárido nordestino é estigmatizada como a sub-região problemática do país. Sua peculiaridade geográfica, suas características climáticas e suas questões sociais estão dentre alguns dos motivos da necessidade de políticas públicas específicas e de resultados tão peculiares no que se refere à cultura e modo de vida. Abrangendo uma área de 982.566 Km<sup>2</sup>, ou seja, 18,2% do território nacional, compreende mais de 20% dos municípios brasileiros (1.135) e abriga cerca de 11,84% da população do país, o que equivale a mais de 23,8 milhões de pessoas, segundo a Articulação Semiárido brasileiro (ASA, 2017). Considerando que o semiárido sempre concentrou terras e água em poucas mãos, e disto advêm as problemáticas sociais e não das condições ambientais atípicas, vê-se modificando a realidade da questão agrária com a implementação dos sistemas de irrigação em uma verdadeira transformação econômica e paisagística em todos os âmbitos dos cultivos daquela área, e em diferentes classes sociais.

De acordo com a ASA (2017), o Semiárido brasileiro é o mais chuvoso do mundo, no entanto, as precipitações são concentradas em poucos meses com grande evaporação de água por escoamento superficial. O bioma predominante é a Caatinga, sendo o único bioma exclusivamente brasileiro. A ausência e/ou escassez das chuvas, e a diversidade de espaço/tempo são responsáveis pela ocorrência das secas - um fenômeno natural e cíclico nesta região. Conhecida as características do semiárido, os municípios junto aos institutos acadêmicos promovem diversos estudos para obter soluções que incluam desde uma melhor condição de vida para o sertanejo ao conhecimento prévio dos cenários climáticos, em que, nesses casos, o geoprocessamento vem sendo uma grande ferramenta.

Através do geoprocessamento, nome dado para a junção das técnicas de Processamento Digital de Imagem – DPI e do Sistema de Informações Geográficas – SIG's, uma miscelânea de trabalhos foram desenvolvidos para as regiões semiáridas. Estas pesquisas abarcaram, por exemplo, a geopotencialidade de fruticultura em ambientes semiáridos (Silva et al., 2015; Ferreira et al., 2016), susceptibilidade a desertificação (Santos; Galvínio, 2013; Ferreira et al, 2014), análise e monitoramento de caatinga degradada (Gomes et al., 2016a), indicadores de resiliência da caatinga (Gomes et al, 2016b) e análise de vegetação (Silva et al, 2016a). O auxílio que o geoprocessamento trás para a gestão dessas regiões se consolida ao passar dos anos, sendo cada vez mais consultado e servindo de base para tomadas de decisões. Contudo, grandes processamentos dos bancos de dados de imagens junto a robustos índices podem ocasionar para a organização administradora ou a pesquisa ampla demanda de tempo, dessa maneira, a inviabilização de produtos com a necessária agilidade para interação das análises pode ser comprometida.

Observando esse desafio, através do apoio financeiro de empresas como o Google Inc e do consórcio com as Universidades de Nebraska-Lincoln, do Instituto de Pesquisa do Deserto (EUA) e a Universidade de Idaho foi iniciado em 2012 o projeto EEFlux - *Earth Engine Evapotranspiration Flux*. Consistindo no processamento automático das imagens Landsat e a exposição de tais produtos como imagens brutas, composições verdadeiras, composições falsas (RGB: 4,3,2 e 7,5,3), albedo, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada NDVI/IVDN, DEM – *Digital Elevation Model* – Modelo digital de elevação, *Land Cover* – Uso e cobertura da terra, temperatura da superfície, ETr – Evapotranspiração real (referência da alfafa), ET<sub>0</sub> – Evapotranspiração (referência da grama), ETrF – Fração da referência ET e atual ET - Evapotranspiração em plataforma virtual vinculada ao *Google Earth Engine system*. Mesmo com alguns produtos ainda em fases betas, as imagens processadas automaticamente via EEFlux já podem ser usadas, sendo disponíveis para quase todo globo (EEFlux, 2015, 2017).

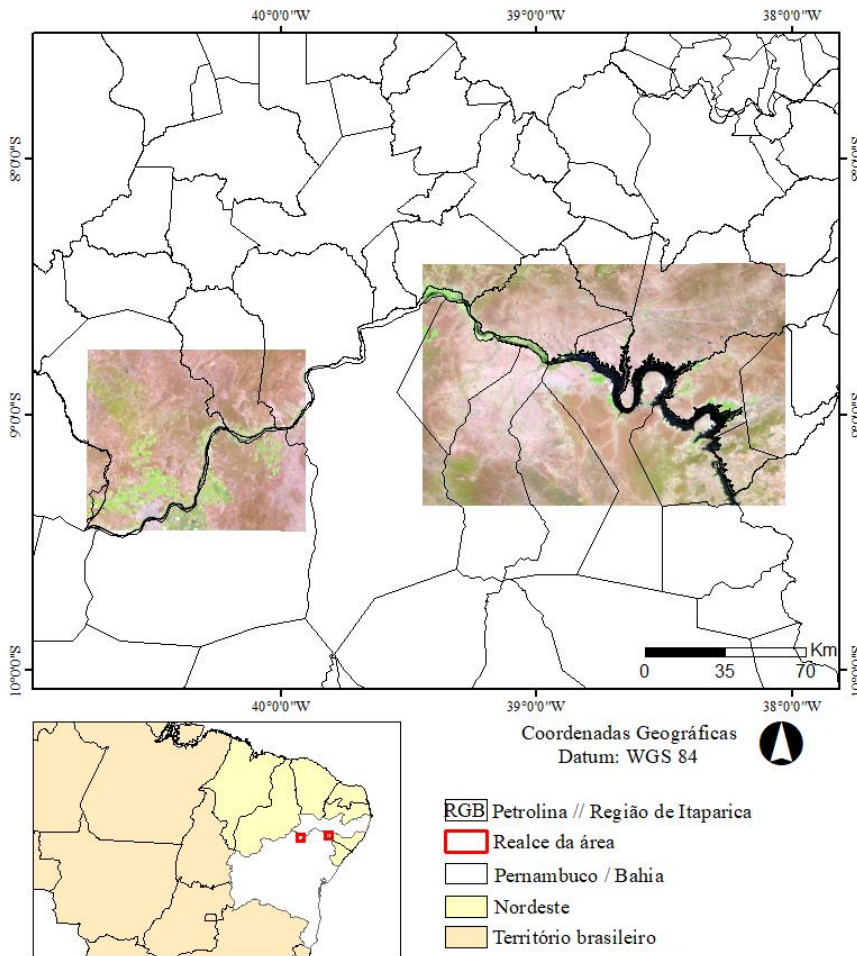
Por mais que seja um projeto que abarca toda a esfera terrestre e de instituições de grande relevância para a ciência mundial, a verificação dos produtos automáticos do EEFlux faz-se necessária para comprovação de veracidade destes, principalmente em regiões tropicais como as do semiárido do Nordeste Brasileiro, onde as características climáticas e vegetacionais fazem deste um ambiente singular, o que torna imprescindível a

continuidade de estudos que possam entender com mais clareza o local. Nessa perspectiva, esse trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade dos produtos de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI do processamento automático EEFlux comparando-o com processamento convencional/ manual para regiões do semiárido Pernambucano (regiões de Petrolina e Itaparica).

## 2. Material e Métodos

As regiões de Petrolina e de Itaparica estão inclusas no semiárido brasileiro possuindo características climáticas semelhantes. Banhadas pelo rio São Francisco, estas mantêm atividades de agricultura irrigada o que as fazem ambientes de interesse para políticas públicas e privadas no que se refere ao uso do solo, da terra e dos recursos hídricos. A Figura 1 apresentam a espacialização destas e sua posição no território nacional.

**Figura 1:** A área de estudo envolve as regiões semiáridas de Petrolina e Itaparica.  
 Figure 1: The study area involves the semi-arid regions of Petrolina and Itaparica.



Fonte: Autores (2023)  
 Source: Authors (2023)

**Aquisição de dados e pré-processamento das imagens**

Adquiriu-se para o desenvolvimento do trabalho as imagens Landsat 8 e Landsat 5. As imagens Landsat 8 datam de 29/10/2016 para a região de Petrolina e arredores e 23/11/2016 para a região do reservatório de Itaparica e arredores, sendo estas obtidas gratuitamente no site <https://earthexplorer.usgs.gov/>. A aquisição das mesmas imagens do processamento automático do projeto EEFlux foi oriunda do website gratuito <http://eeflux-level1.appspot.com/> utilizando os botões para escolha das mesmas datas e do recurso NDVI que o próprio site fornece.

Para as imagens coletadas na USGS, executou-se o empilhamento, reprojeção e recorte das áreas em estudo. Utilizou-se como base para o processamento da imagem Landsat 8 o trabalho de Silva et al. (2016b) sobre os procedimentos de cálculo para computo do albedo para a região semiárida brasileira, que por sua vez, faz referência para reflectância a equação de Chander e Markham (2003). Todos os produtos oriundos desse procedimento denominaremos nesse trabalho de “processamento manual”.

**Processamento manual das imagens: Radiância**

Também denominada de calibração radiométrica, essa etapa consiste em calcular a radiância espectral ( $L_{\gamma i}$ ) de cada banda empilhada; a equação utilizada para este procedimento para o Landsat 5 é a dos pesquisadores Markham & Baker (1987) (Equação 1):

$$L_{\gamma i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{254}\right) (ND - 1) \quad \text{Eq.(1)}$$

onde o  $a$  e  $b$  são os coeficientes mínimo e máximos (Tabela 1) (CHANDER, MARKHAM & HELDER, 2009),  $i$  corresponde às bandas das imagens e ND ao número digital da mesma.

**Tabela 1.** Intervalos de comprimento de onda espectral, dados de coeficiente de calibração e da Irradiância no topo da atmosfera.

Table 1: Spectral wavelength ranges, calibration coefficient data, and irradiance data at the top of the atmosphere.

Bandas	Comprimento de onda (µm)	Coeficientes de calibração				Irradiância espectral no topo atmosférico - TOA
		a	b1	b2	b3	
1 (azul)	0.452 - 0.518	-1.52	152.10	193.0	169.0	1957
2 (verde)	0.528 - 0.609	-2.84	296.81	365.0	333.0	1796
3 (vermelho)	0.626 - 0.693	-1.17	204.30	264.0	264.0	1536
4 (IV - próximo)	0.776 - 0.904	-1.51	206.20	221.0	221.0	1031
5 (IV - médio)	1.567 - 1.784	-0.37	27.19	30.2	30.2	220.0
6 (IV - termal)	10.45 - 12.42	1.2378	15.303	15.303	15.303	-
7 (IV - médio)	2.097 - 2.349	-0.15	14.38	16.5	16.0	83.44

Fonte: Chander, Markham & Helder (2009).  
Source: Chander, Markham & Helder (2009).

Para o processamento da radiância no Landsat 8, soma-se os termos aditivos e multiplicativos da radiância encontrados no arquivo Metadados multiplicado pelo número digital (Equação 2) (SILVA et al., 2016).

$$\text{Add}_{rad,b} + \text{Mult}_{rad,b} \cdot \text{ND}_b \quad \text{Eq.(2)}$$

### **Processamento manual das imagens: Reflectância**

A refletância ( $\rho_{\gamma i}$ ) consiste pela divisão entre o fluxo de radiação solar refletida pelo fluxo de radiação solar que se incide, sendo processada para o satélite Landsat 5 neste trabalho pela equação de Allen et al. (2002, 2007) (Equação 3):

$$\rho_{\gamma i} = \frac{\pi \cdot L_{\gamma i}}{k_i \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad \text{Eq.(3)}$$

onde o  $L_{\gamma i}$  é a radiância calculada anteriormente,  $k_i$  é a Irradiância solar no topo da atmosfera (Tabela 1) e  $Z$  é o ângulo zenital. Para obtenção do  $d_r$  (distância terra sol), resgatamos a equação de Iqbal (1983) (Equação 4), onde o  $DSA$  representa o dia sequencial do ano.

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

Para o Landsat 8, utiliza-se, para computar a reflectância, valores do  $\text{Add}_{ref,b}$  e  $\text{Mult}_{ref,b}$  que refletem termos aditivos e multiplicativos de cada banda empilhada obtidos no metadados; o  $\text{ND}_b$  retratando os números digitais dos pixels,  $Z$  para o ângulo zenital e  $d_r$  para correção da órbita terrestre (Equação 5) (Silva et al., 2016).

$$r_b = \frac{(\text{Add}_{ref,b} + \text{Mult}_{ref,b} \cdot \text{ND}_b)}{\cos Z d_r} \quad \text{Eq.(5)}$$

Para obter o  $d_r$  da Equação 5, deve-se aplicar a aplicar a Equação 6 da distância média terra-sol:

$$d_r = \left( \frac{1}{d_{es}} \right)^2 \quad \text{Eq.(6)}$$

onde o  $d_{es}$  é a distância média terra sol.

### **Processamento manual das imagens: Índice de vegetação por diferença normalizada**

Após a obtenção dos produtos de reflectância, executou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI/IVDN. O referido índice é um dos mais usados no sensoriamento remoto em diversas regiões no globo; inicialmente proposto por Rouse et al (1973), o mesmo mantém a capacidade de medir a distribuição espacial do vigor da vegetação a partir da razão entre a subtração do infravermelho próximo e o vermelho pelo somatório do mesmo. (Equação 7).

$$\text{NDVI} = \frac{(P_{IV} - P_V)}{(P_{IV} + P_V)} \quad \text{Eq.(7)}$$

### ***Parâmetros de calibração do produto automático EEFlux - Earth Engine Evapotranspiration Flux***

Para o produto automático oriundo da plataforma EEFlux, o sistema se utiliza das equações que referenciam ao cálculo de reflectância da superfície baseado no trabalho de Tasumi, Allen e Trezza. (2008). Segundo a própria plataforma virtual, as equações gerais para outros produtos disponíveis têm como base o trabalho de Allen et al. (2007) do modelo de evapotranspiração METRIC - *Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration* (METRIC-EEFLUX, 2024). Os produtos EEFlux também utilizam a fórmula de NDVI proposta por Rouse et al (1973).

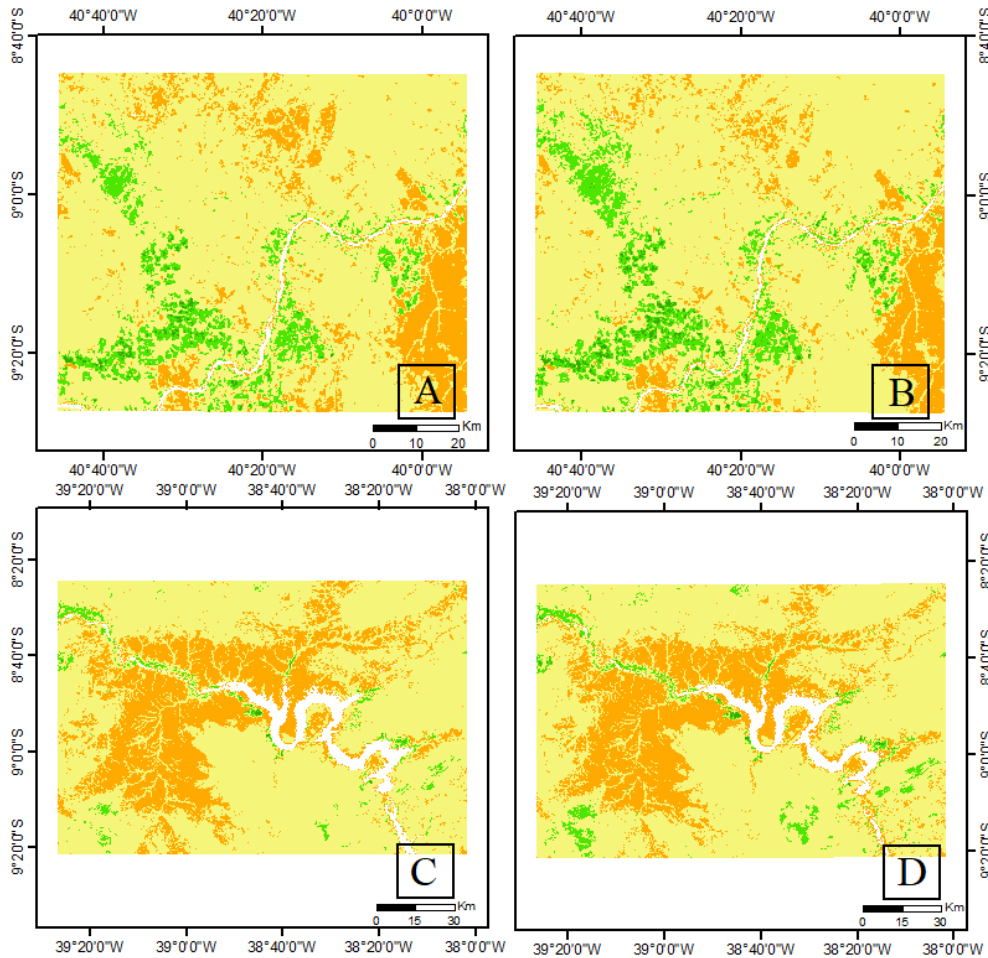
### **3. Resultados e Discussão**

Sabe-se que o Índice de vegetação por diferença normalizada indica para o pesquisador áreas de vegetação em ambientes de interesse, sendo um índice consolidado, usado em diversos estudos e em diversos territórios (Santana et al., 2016; Teixeira and Amorim, 2017). Variando de -1 a 1, onde, comumente, os valores abaixo de 0 indicam a presença de água, nuvens ou ruídos oriundos de erros da imagem. Os valores positivos próximos a 0 indicam a presença de solo exposto, enquanto os valores próximos a 1 indicam densas vegetações. Valores positivos intermediários são lidos como áreas urbanas, áreas de transição entre o urbano e o rural, vegetação rala, esparsa ou com pouca representatividade, todavia, exceções podem ser observadas de acordo com a região em estudo, o que intensifica a necessidade de um conhecimento de literatura prévio ou, em alguns casos, validação em campo.

Na classificação do EEFlux (2017) apontam valores aproximados de 0.15 indicando solo exposto e 0,75 indicando densa vegetação. Em posse dessas informações, apresenta-se a Figura 2, que visualiza a espacialização do NDVI nos ambientes em estudo com intervalos de 0,2.

**Figure 2:** Normalized Difference Vegetation Index (Intervals 0.2 – 0.2) for Petrolina and Itaparica Reservoir, Brazil.

**Figure 2:** Normalized Difference Vegetation Index (Intervals 0.2 – 0.2) for Petrolina and Itaparica Reservoir, Brazil.



**Normalized Difference Vegetation Index - NDVI. Petrolina and Itaparica Reservoir, Brazil**

**Legend**

**A - B: Petrolina**

Image date (dd/mm/yyyy): 29/10/2016  
 A - Product through the manual processing  
 B: EEFlux product

**C - D: Itaparica Reservoir**

Image date (dd/mm/yyyy): 23/11/2016  
 C - Product through the manual processing  
 D: EEFlux product

**NDVI Intervals**

-1 - 0,02	0,4 - 0,6
0,021 - 0,2	0,6 - 0,8
0,2 - 0,4	0,8 - 1

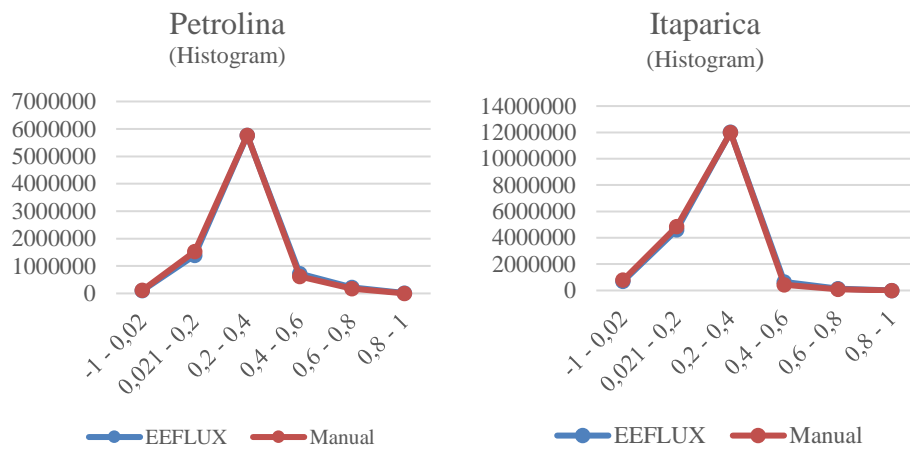
System of  
 Geographic Coordinates  
 Datum: WGS 84  
 UTM 24 South



Fonte: Autores(2023)  
 Souce: Authors(2023)

Na Figura 2, as imagens A e B são da região de Petrolina, enquanto a C e D retrata as áreas de entorno do Reservatório de Itaparica; as imagens A e C são produtos do processamento manual enquanto B e D do produto automático EEFlux. Analisando as imagens A e B, observa-se na imagem A ao norte e ao sul, regiões do intervalo (0,021 – 0,2) superiores a imagem B; em contrapartida, regiões com maiores valores de vegetação (intervalo 0,4 – 0,8) são encontrados na imagem B. Enquanto nas imagens C e D verifica-se, na imagem D, maiores áreas com intervalos vegetacionais em relação a imagem C. Ressalta-se na Figura 2, necessitou o uso do intervalo 0,021 – 0,2 devido a rica presença de sedimentos em suspensão incluso aos corpos hídricos. No geral, as imagens da Figura 2 possuem semelhança no que tange a distribuição espacial dos valores, a Figura 3 reforça a sentença.

**Figura 3:** Histogramas das áreas em estudo (0,2-0,2 intervalo).  
**Figure 3:** Histograms of the study areas (0.2-0.2 range).



**Fonte:** Autores (2023)  
**Source:** Authors (2023)

Segundo Crósta (1992), o histograma ou distribuição de intensidades ilustra valores agrupados em classes, no qual esse procedimento é de extrema relevância para aplicação de análises estatísticas, todavia, o histograma puramente não consegue emitir distribuição georeferenciada. Se observa, na Figura 3 a harmonia entre os histogramas de ambas as áreas em estudos, independente do produto usado.

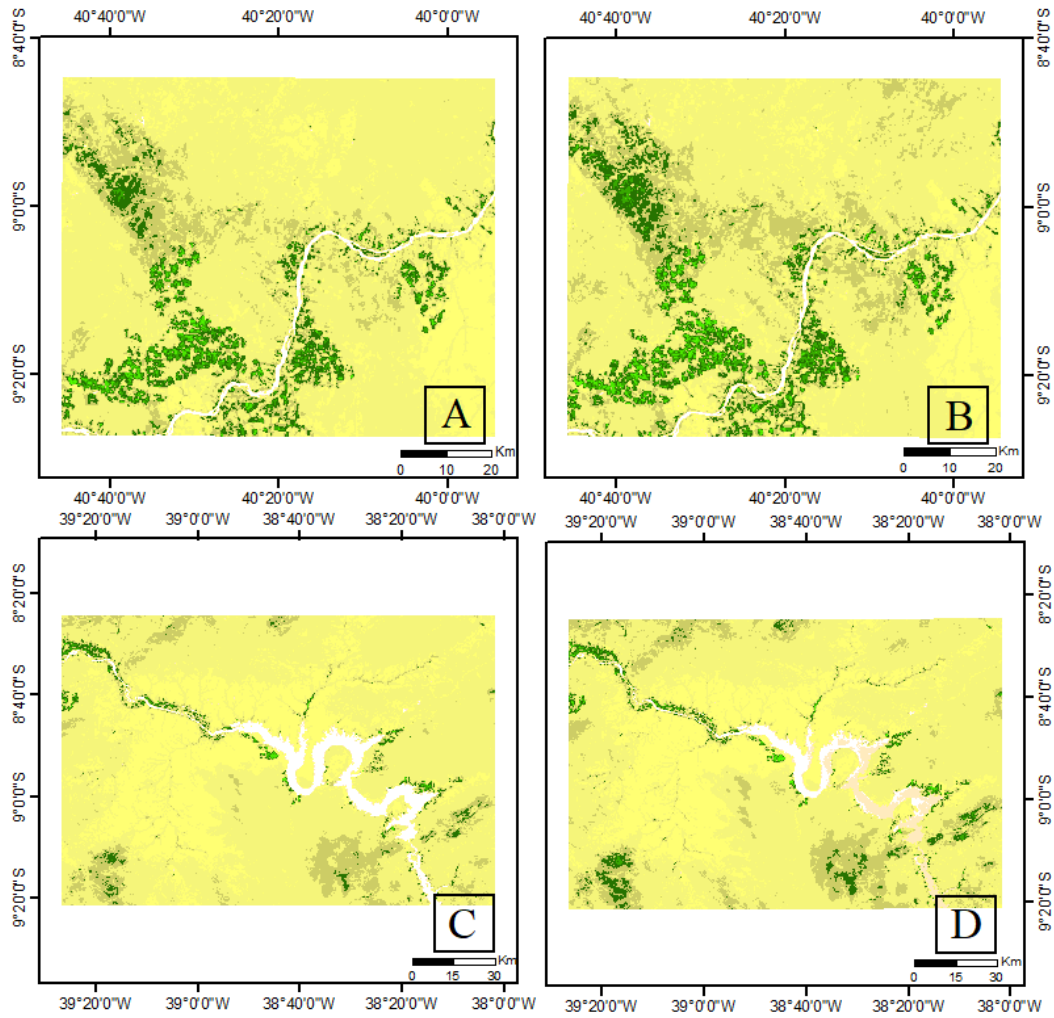
Segundo Conti (2009) e Peternelli (s/d), entende-se como  $R^2$  ou  $r^2$  o denominado coeficiente de determinação, onde, para o caso de uma regressão linear, fornece a informação na verificação de adequação do modelo apresentado em descrever o ou não o fenômeno estudado. Variando no intervalo de 0 a 1, no qual os valores próximos a 1 indicam que o modelo apresentado é adequado para descrição e aplicação.

O pesquisador, quando aplica menores intervalos para a região de interesse, objetiva-se a encontrar peculiaridades não observadas em intervalos mais gerais, tais como os pivôs de irrigação, áreas urbanas ou materiais incluso a corpos hídricos, por exemplo. Na Figura 5 dividiu-se as áreas de estudo em intervalos (0,1 – 0,1) para verificação de diferenciações no que tange a espacialidade das classes NDVI.



**Figura 5** - Normalized Difference Vegetation Index (Intervals 0.1 – 0.1) for Petrolina and Itaparica Reservoir, Brazil.

**Figure 5** - Normalized Difference Vegetation Index (Intervals 0.1 – 0.1) for Petrolina and Itaparica Reservoir, Brazil.



**Normalized Difference Vegetation Index - NDVI. Petrolina and Itaparica Reservoir, Brazil**

**Legend**

**A - B: Petrolina**

Image date (dd/mm/yyyy): 29/10/2016

A - Product through the manual processing

B: EEFlux product

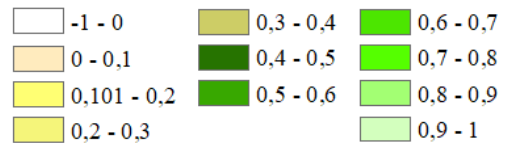
**C - D: Itaparica Reservoir**

Image date (dd/mm/yyyy): 23/11/2016

C - Product through the manual processing

D: EEFlux product

**NDVI Intervals**



System of  
Geographic Coordinates  
Datum: WGS 84  
UTM 24 South

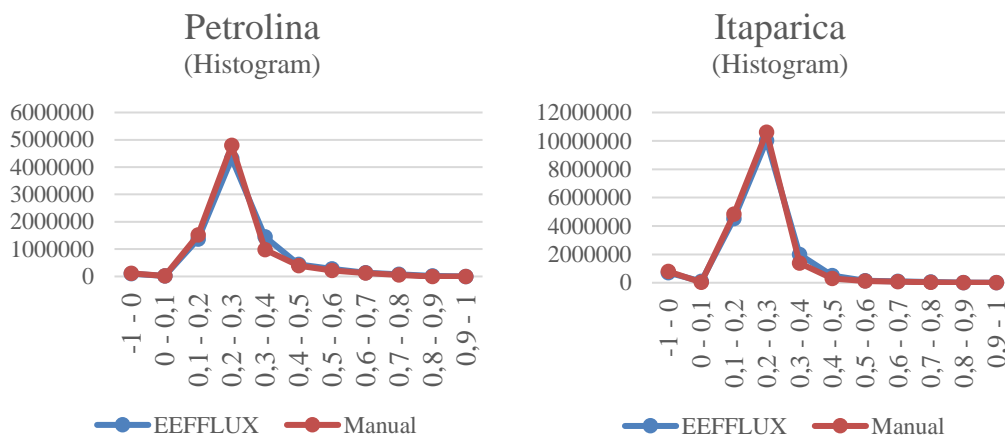


Fonte: Autores (2023)  
Source: Authors (2023)

Constata-se a maior presença dos intervalos (0,3 – 0,4) e (0,4 – 0,5) nas imagens EEFlux (imagem B e D) em relação as de processamento manual (A e C), consequentemente, as imagens de processamento manual mantém maiores resultados nos intervalos (0,1 – 0,2) e (0,2 – 0,3). Todavia, as diferenças observadas entre produtos não comprometem a qualidades de ambos: estes podem ser usados para análises refletindo as informações do real.

Observa-se nas imagens da região de Itaparica (C e D), que o produto EEFlux (D) no corpo hídrico apresenta indícios do intervalo (0 – 0,1), isto porque materiais acrescentados a água estão contidos elevando o valor do NDVI para um intervalo que comumente é discutido em literatura como solo exposto; assim, ressaltamos a importância do conhecimento prévio da imagem a se discutir, para que não haja discrepância nas análises. As Figuras 6 explana a distribuição da curva dos histogramas.

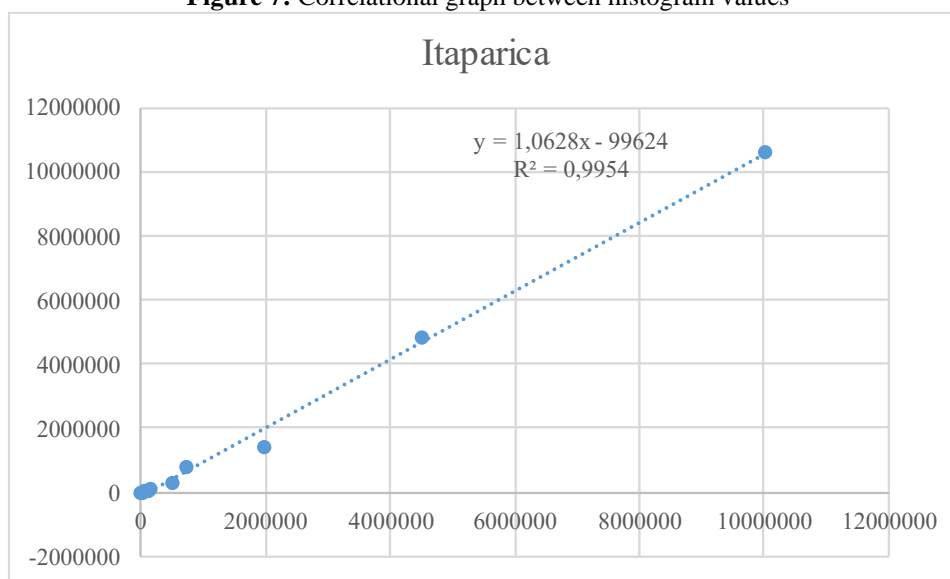
**Figura 6:** Histogramas das áreas em estudo (0,1-0,1 intervalo).  
 Figure 6: Histograms of the study areas (0.1-0.1 range).



Fonte: Autores (2023)  
 Source: Authors (2023)

Verificando a Figura 6, nota-se as sentenças citadas anteriormente no que se refere a distribuição dos intervalos nas imagens; para ambas as regiões, os histogramas comportaram-se em semelhança, nos quais os processamentos manuais se sobressaem levemente aos valores dos produtos EEFlux nos intervalos (0,1 – 0,2) e (0,2 – 0,3), e o produto EEFlux sendo superior nos intervalos (0,3 – 0,4) e (0,4 – 0,5). O valor do R<sup>2</sup> (Figura 7) próximos a 1 das regiões em estudo (0,9837 e 0,9954, respectivamente) reforçam a veracidade nas análises das imagens, apresentando adequação para descrição e aplicação. Para os demais intervalos os valores de ambos processamentos se apresentaram concomitantes.

**Figura 7:** Gráfico correlacional entre os valores dos histogramas  
**Figure 7:** Correlational graph between histogram values



**Fonte:** Autores (2023)  
 Source: Authors (2023)

Dessa forma, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) possui uma importância considerável no estudo e monitoramento ambiental, sendo um dos índices mais utilizados. Ao medir a diferença entre a luz refletida nas faixas de luz visível e infravermelha próxima, o NDVI destaca variações na cobertura vegetal, permitindo a identificação de áreas de crescimento saudável ou de uso intensivo para a agricultura (Boratto & Gomide, 2013) Essa capacidade de avaliar a vegetação de forma objetiva e sistemática é essencial para agricultura de precisão, gestão de recursos hídricos, prevenção de desastres naturais e estudos climáticos. (Huang, 2021).

#### 4. Conclusão

A partir do exposto, constata-se o elevado grau de qualidade no que se refere ao Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI oriundo do processamento automático EEFlux para os ambientes semiáridos estudados. Seus valores se assemelham com os resultados dos produtos processados convencionalmente, permitindo assim, análise acurada do pesquisador. Destacamos aqui a necessidade do saber prévio da área de interesse, por intermédio do levantamento bibliográfico, para que haja concomitância com a literatura e assim, a redução de avaliações equivocadas.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Pernambuco, ao CNPq, por fomentar a pesquisa.

#### Referências Bibliográficas

ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. 2017. Semiárido - É no semiárido que pulsa a vida!

Disponível em: < <http://www.asabrazil.org.br/semiarido> >. Acesso em: 20/07/2017.

Ferreira, P.S., Gomes, V.P., Santos, A.M., Morais, Y.C.B., Miranda, R.Q., Ferreira, J.M.S., Galvêncio, J.D., 2016. Mudanças climáticas e a geopotencialidade à fruticultura em municípios de Pernambuco: subsídios à agricultura familiar. **Caderno de Geografia** 26, 522–544.

Gomes, V.P., Galvêncio, J.D., Ferreira, P.S., Silva, J.F., Ferreira, H.S., 2016a. Hyperspectral analysis in areas of Caatinga degraded in the municipality of Sertânia - PE. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** 6, 262-269.

Gomes, V.P., Galvêncio, J.D., Moura, M.S.B., Ferreira, P.S., Miranda, R.Q., Paz, Y.M., 2016b. Sensoriamento remoto hyperspectral aplicado para análise dos indicadores de resiliência e suscetibilidade do bioma Caatinga frente às mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Geografia Física** 9, 1122-1136.

Silva, J.F., Ferreira, P.S., Gomes, V.P., Silva, E.R.C., Galvêncio, J.D., 2015. Mapeamento do potencial geoclimático da fruticultura do abacaxi na microrregião de Araripina – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife 8, 196-210.

Ferreira, P.S., Gomes, V.P., Santos, A.M., Morais, Y.C.B., Miranda, R.Q., Ferreira, J.M.S., Galvêncio, J.D. 2014. Análise do cenário de suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú - Estado de Pernambuco. **Scientia Plena** 10, 1-11.

Silva, J.F., Silva, E.R.A.C., Ferreira, P.S., Gomes, V.P., Barboza, K.M.N., Candeias, A. L.B. 2016a. Spatial-temporal evolution analysis of the vegetation in the Chapadinha microregion (Maranhão, Brazil) through remote sensing. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** 6, 329-337.

Santos, A.M., Galvêncio, J.D., 2013. Mudanças climáticas e cenários de susceptibilidade ambiental à desertificação em municípios do estado de Pernambuco. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, 5. 66–83.

EEFLUX - Google Earth Engine Evapotranspiration Flux, 2015. What is EEFlux? **International Workshop on Evapotranspiration Mapping**, 1-25.

EEFLUX – Metric. 2017. Instructions. Disponível em: < <http://eeflux-level1.appspot.com/> >. Access: 20/07/2017.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. **III Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**.

Silva, B.B., Braga, A.C., Braga, C.C., Oliveira, L.M.M., Montenegro, S.M.G.L., Barbosa Junior, B.B., 2016b. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 20, 3-8.

Chander, G., Markhan, B., 2003. Revised Landsat 5 - TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing** 41, 2674-2677.

Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. **J. Irrig. Drain. Eng.** 133 (4), 380–394.

Tasumi, M., Allen, R.G., Trezza, R. 2008. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance, **J. Hydrol. Eng** 13 (2), 51–63.

Santana, A.V., Heinemann, A., Stone, L.F., Nascente, A.S. 2016. Índice de reflectância na estimativa da área foliar e biomassa das folhas em feijão-comum. **Colloquium Agrariae** 12, 07-19.

Teixeira, D.C.F., Amorim, M.C.C.T, 2017. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **GEOUSP: Espaço e Tempo** (Online) 21, 239-256.

Crósta, A.P. 1992. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP.

Peternelli, L.A. s/d. Regressão linear e correlação. INF 162, 1-11.

Conti, F. 2009. Regressão e correlação. 01-10. Disponível em: < <http://www.cultura.ufpa.br/dicas/> >. Acesso em: 20/07/2017.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment.**, v. 113, p. 893-903.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. B.; OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; BARBOSA JÚNIOR, B. 2016. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 3-8.

IQBAL, M. 1983. An introduction to solar radiation. **Library of Congress Cataloging in Publication Data. Canada:** Academic Press, 408p.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. 2007. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration METRI. Model. **J. Irrig. Drain Eng.**, v. 133, p. 380-394.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSSEN, W.; WATERS, R. 2002. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advanced Training and User's Manual – Idaho Implementation, version 1.0.

BORATTO, M; GOMIDE. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

HUANG, S; et al. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. 2021. **J. For. Res**, v. 32, p 1–6.