



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## DISCRIMINAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DAS TERRAS A PARTIR DE SÉRIES TEMPORAIS DO SENSOR MODIS NO MUNICÍPIO DE EUCLIDES DA CUNHA-BA

Udmilla Moura Contes Fortunato<sup>(a)</sup>, Lucas Amorim Fernandes<sup>(b)</sup>, Elane Fiúza Borges<sup>(c)</sup>

(a) Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, udfortunato@gmail.com

(b) Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, lucas.amorimfernandes@gmail.com

(c) Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, elaneborges@gmail.com

**Eixo:** Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

### Resumo

Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento espectro-temporal de classes representativas da cobertura vegetal e uso das terras no município de Euclides da Cunha-BA, caracterizando as diferentes classes e as mudanças naturais e antrópicas ocorridas no período de 2001 a 2017, bem como associar tais dados com os mapas temáticos produzidos pelo MAPBIOMAS. Os dados utilizados foram séries temporais de imagens de EVI do sensor MODIS, as quais foram filtradas e suavizadas pelo método Savitzky-Golay no programa Timesat. Os espectro-temporais foram extraídos das classes representativas de cobertura vegetal e uso das terras identificadas pelo MAPBIOMAS para a área de estudo. O filtro minimizou os ruídos temporais das assinaturas e estas foram analisadas considerando os valores de amplitude de EVI. Os resultados obtidos através das assinaturas espectro-temporais indicam que a formação florestal como a classe com valores de EVI mais elevado e a infraestrutura urbana com os menores valores de EVI.

**Palavras chave:** Caatinga, EVI, Timesat.

### 1. Introdução

A Caatinga é um bioma rico em biodiversidade e recursos naturais, ocupa uma área equivalente a 11% do território nacional (MMA, 2018). O estudo das alterações no padrão da cobertura vegetal e uso da terras no bioma Caatinga pode ser realizado por meio de dados multitemporais como o do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) que através do produto MOD13Q1 disponibiliza séries temporais de composição de imagens de 16 dias, a partir das quais foi produzido o *Enhanced Vegetation Index* - EVI (INPE, 2003).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O uso desses dados tornou-se crescente para monitoramento da cobertura vegetal e do uso das terras (RUDORFF et al., 2007).

Para SANO (2015) o “uso de séries temporais do sensor MODIS pode ser considerado de grande valia para a detecção rápida de desmatamentos”. Assim, através das séries temporais de índices de vegetação torna-se possível monitorar a dinâmica da vegetação a partir da extração de assinaturas espectro-temporais específicas para classes de uso e cobertura vegetal.

Neste âmbito, surgem estratégias de monitoramento e análise da dinâmica do uso e cobertura do solo. Um dos principais projetos é o Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS) que de forma rápida e atualizada quantifica e qualifica os processos e alterações dos biomas brasileiros, através da geração de mapas temáticos anuais (MAPBIOMAS, 2019). O objetivo deste trabalho consistiu em analisar o comportamento espectro-temporal de classes representativas da cobertura vegetal e uso das terras no município de Euclides da Cunha-BA. A partir das séries temporais espera-se caracterizar as diferentes classes naturais e antrópicas entre os anos de 2001 a 2017, bem como associar tais dados com os mapas temáticos produzidos pelo MAPBIOMAS.

## **2. Materiais e Métodos**

O município de Euclides da Cunha localiza-se no nordeste do estado da Bahia (Figura 1), possui área de 2.028,421 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e está inserido no bioma Caatinga. A tipologia climática predominante no município é BSw<sup>h</sup> segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e invernos que variam de quentes a frios e com precipitação mínima (KÖPPEN, 1948). A precipitação anual varia positivamente de oeste para leste, entre 650 e 750 mm, com temperatura média anual em torno de 24,5°C (PEIXOTO, et al., 2001).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

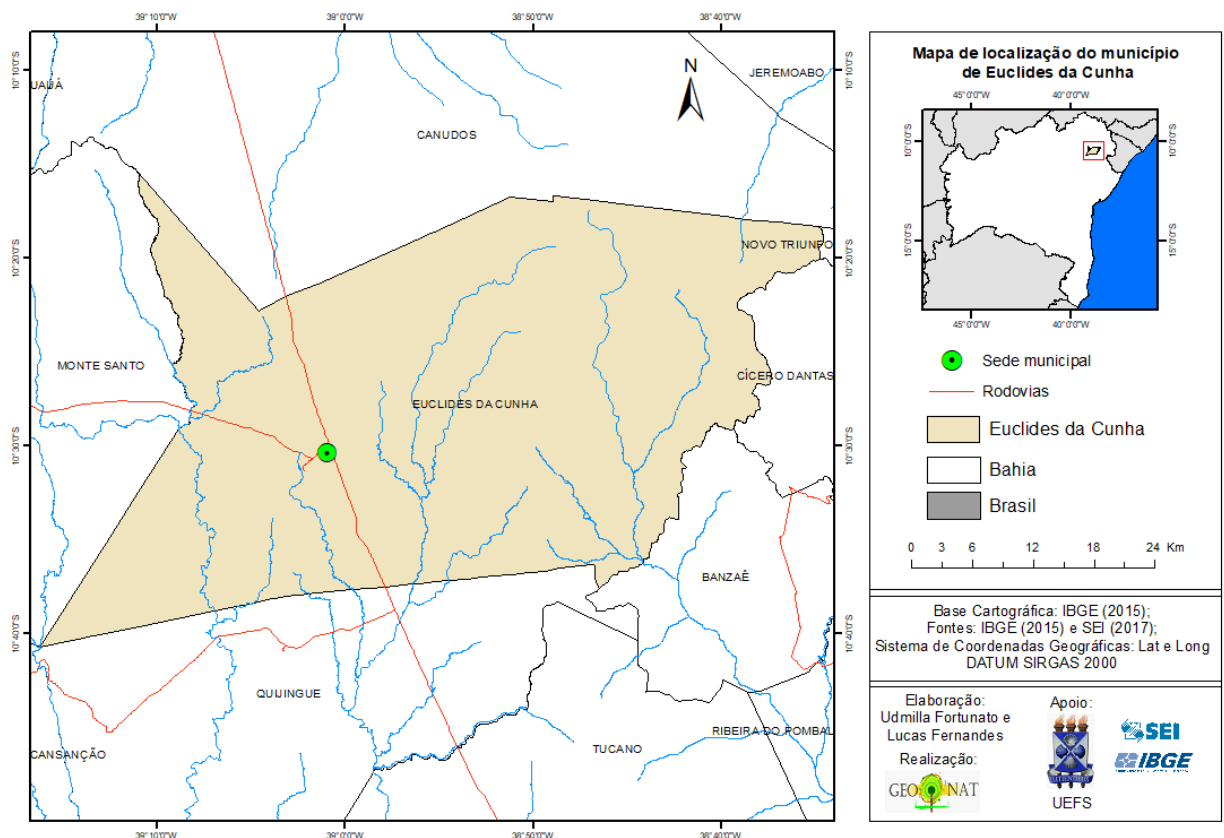


Figura 1 – Mapa de localização do município de Euclides da Cunha-BA.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada a revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos para embasar o referencial teórico-metodológico, são eles: sensor MODIS, uso do solo e cobertura das terras, séries temporais e índice de vegetação, Filtros temporais.

Adquiriram-se imagens MODIS/Terra do produto MOD13Q1 (Vegetation Index 16-Day L3 Global 250 m) que contém o índice de vegetação EVI, através do sítio eletrônico (<http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>), desenvolvido pela Embrapa com o objetivo de facilitar o acesso público aos dados do sensor MODIS. As principais características dos dados são: resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias, Datum WGS-84, formato Geotiff. Foram adquiridas 391 imagens para um período



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

compreendido entre os anos de 2001 e 2017, sendo 23 imagens por ano. Esses dados foram recortados no software ENVI conforme o limite da área de estudo e organizados cronologicamente para compor a série temporal.

A série temporal foi filtrada no programa TIMESAT (EKLUNDH e JÖNSSON, 2015) que objetiva principalmente analisar séries temporais. A suavização de séries temporais consiste em uma etapa necessária, pois geralmente são contaminadas por ruídos, o que implica no uso de filtros para removê-los ou minimizá-los (SANTANA et al, 2010).

O método de filtragem utilizado foi o *Savitzky-Golay* que realiza a suavização da curva ao utilizar ajuste linear de mínimos quadrados através de sucessivas equações polinomiais (SATVeg, 2018). Esse método é baseado em média móvel, cujo valor da janela é pré-estabelecido conforme a natureza do ruído, sendo considerado mais flexível, em relação à suavização dos espectros temporais, quando comparado aos demais filtros implementados no Timesat (SANO, et, al., 2015).

Também foram utilizados mapas temáticos provenientes do projeto Mapbiomas para o período de 2001-2017 derivados de um mosaico de imagens dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, cuja resolução espacial foi de 30 m. As classes de uso e cobertura das terras identificadas foram, Formação Florestal, Formação Savânica, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana e Outra área não vegetada (Figura 2). Os mapas temáticos correspondentes foram importados para o software *TerrSet* 18.31.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

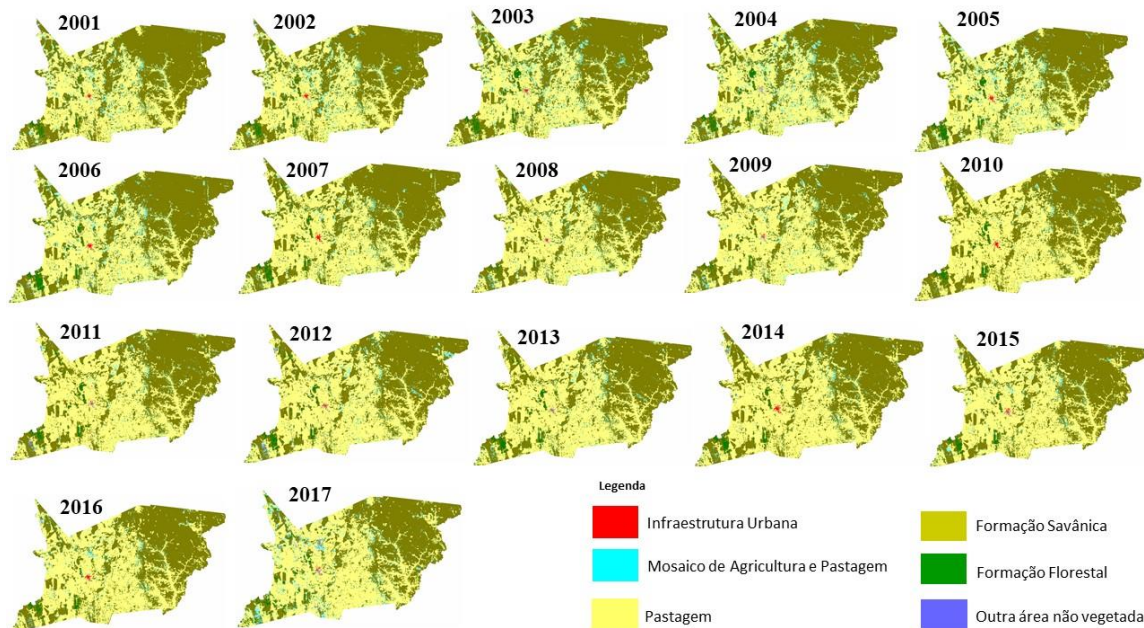


Figura 2 – Mapas temáticos do projeto Mappiomas do município de Euclides da Cunha para os anos de 2001 a 2017.

Foram coletados pontos (pares de coordenadas), para cada categoria de uso e cobertura vegetal, exceto para a classe “Outra área não vegetada”. Estes foram importados para o ENVI e sobrepostos a série temporal de EVI a fim de extrair a assinatura espectro-temporal do pixel correspondente ao ponto, obtendo assim a identificação dos espectro-temporais correspondentes. Para facilitar o entendimento da metodologia adotada nesta pesquisa o fluxograma apresentado na Figura 3 ilustra as principais etapas utilizadas.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

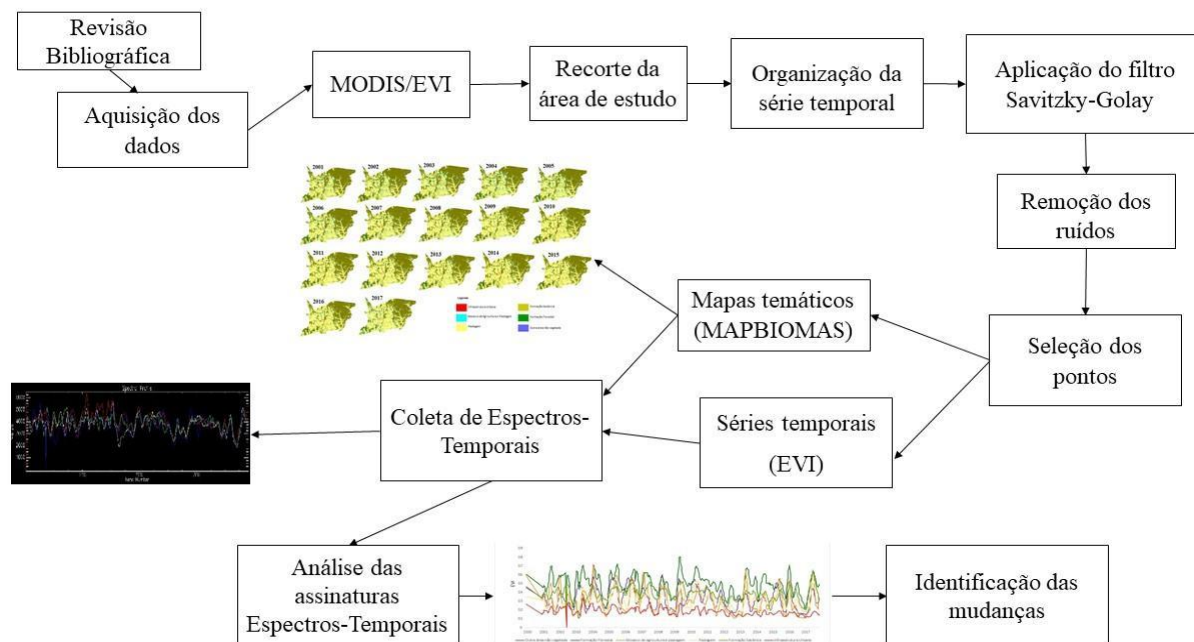


Figura 3 – Fluxograma dos principais procedimentos metodológicos utilizados.

### 3. Resultados e Discussões

As assinaturas espectro-temporais correspondem a 391 valores de EVI da série do sensor MODIS adquiridos entre os anos 2001 a 2017. Essas curvas apresentam movimentos cíclicos correspondentes a sazonalidade presente em cada fitofisionomia ou classe de uso, associadas aos fatores do clima, relevo e uso do solo, tornando possível detectar tendências e mudanças na dinâmica da cobertura vegetal.

As análises dos espectros demonstraram ruídos nos valores brutos de EVI, geralmente causados pelas limitações oriundas de cobertura de nuvens e/ou por ângulos de incidência relativamente elevados do sensor (COUTO, et al., 2013; BORGES, et al., 2014). Assim como recomendam Shao et al. (2016), para diminuir o efeito dos ruídos, aplicam-se técnicas de filtragem para suavização das séries temporais.

Neste estudo, aplicou-se o filtro Savitzky-Golay, indicado como o mais eficiente para minimizar ou eliminar ruídos sem modificar o padrão da assinatura espectro-temporal do



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

índice de vegetação (Adami, 2010; Arvor et al., 2011; Chaves et al., 2017). Na comparação entre assinaturas de pixels filtrados e não filtrados nota-se de maneira geral o desempenho do filtro na suavização de valores excessivamente altos e baixos (Figura 3).

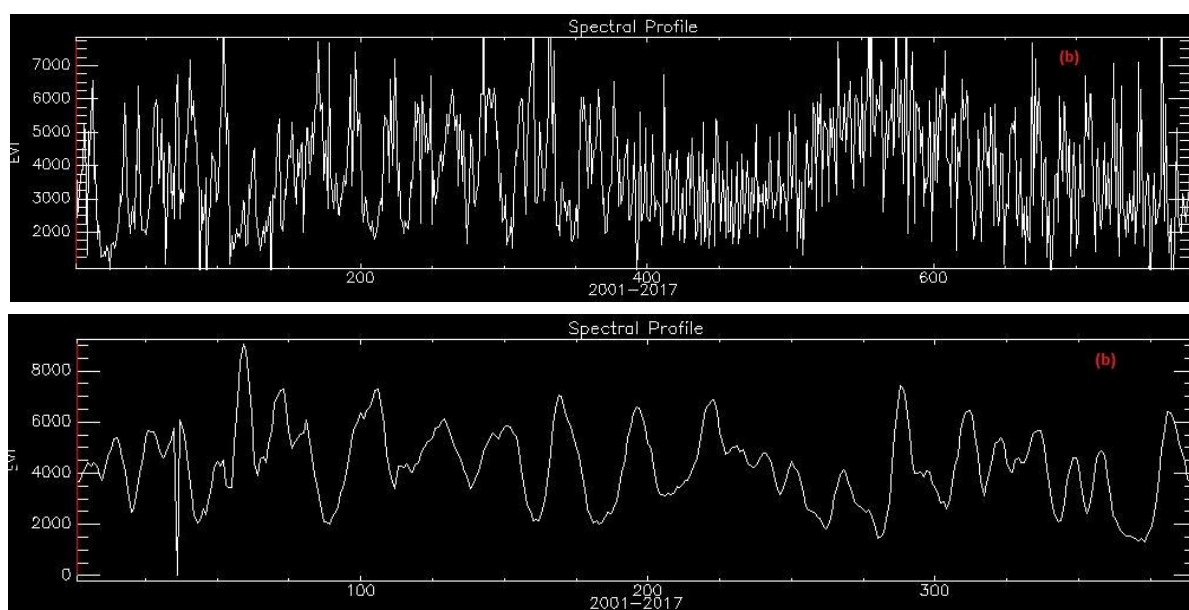


Figura 3. Assinaturas espectro-temporais de pixels não filtrado (a) e filtrado (b).

A Figura 4 mostra a série temporal correspondente à formação florestal, nessa observa-se que a classe alcança um padrão acentuado nos valores de EVI, com valor máximo de 0,8. Porém, ressalta-se que a classe está inserida no bioma Caatinga, assim existindo interferência da sazonalidade climática, especialmente da pluviosidade, possibilitando que a fitofisionomia também apresente valores mínimos, tal como, 0,08, o que indica baixa atividade fotossintética (ARAI, et. al., 2009).

Analogamente estudo feito por Sano (2015) no bioma Cerrado no município de São Miguel do Araguaia, a mesma classe apresentou valores médios de EVI de 0,24, que pode ser explicado pela densidade da cobertura vegetal, decorrente de sazonalidade climática regular, diferentemente da Caatinga.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

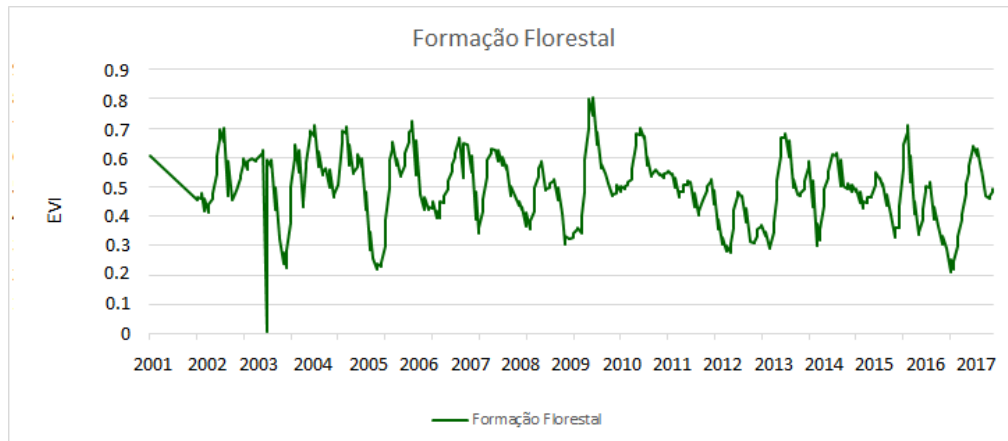


Figura 4. Assinatura espectro-temporal da classe Formação Florestal.

A Figura 5 representa a série temporal da classe Infraestrutura Urbana, nota-se que apesar de não possuir valores de EVI elevados, quando comparada às demais classes identificadas, a partir de 2012 há redução abrupta destes, variando do máximo de 0,33 a mínimo de 0,11, indicando a substituição de outra classe, mais especificamente, aumento das áreas edificadas e redução de remanescentes de vegetação nas áreas consideradas urbanas.

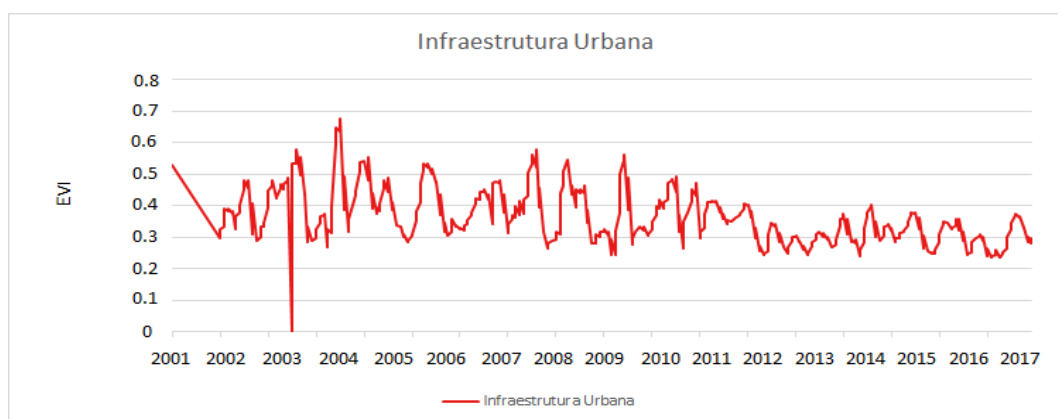


Figura 6. Assinatura espectro-temporal da classe Infraestrutura Urbana.

A classe Formação Savânica, representada na Figura 7, apresentou alterações consideráveis nos valores de EVI, principalmente a partir do ano 2012, as quais podem estar relacionadas às alterações da vegetação como também a alguma interferência climática devido aos efeitos da sazonalidade. O valor mais elevado de EVI encontrado foi de 0,65 no ano 2017





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

e o valor mínimo foi 0,08. Enquanto no bioma Cerrado a formação savânica apresentou valores médios de EVI variando de 0,26 a 0,38 (Borges et al., 2014).

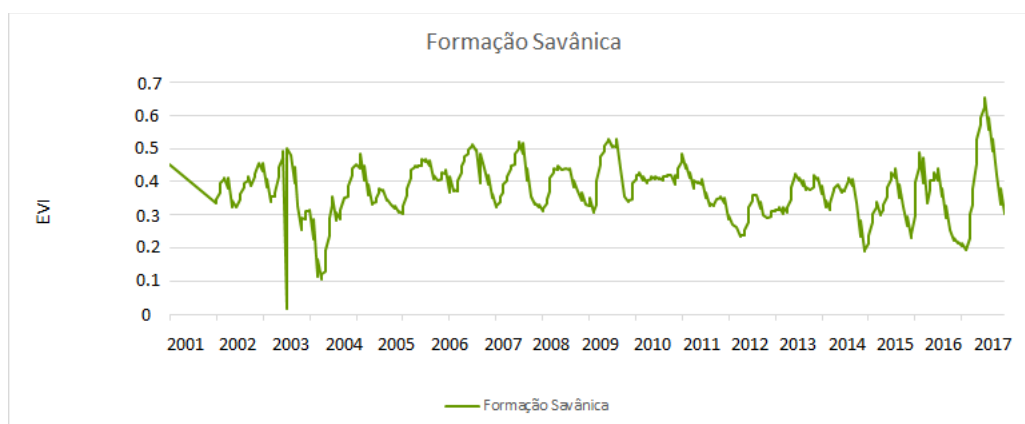


Figura 7. Assinatura espectro-temporal da classe Formação Savânica.

A assinatura de Pastagem, representada na Figura 8, apresentou valores de EVI não muito elevados quando comparada às demais assinaturas espectrais. Essa classe apresentou valor máximo de 0,55 em 2013 e valor mínimo de 0,08, sendo que a partir de 2011 é perceptível na assinatura espectro-temporal redução nos valores de EVI, tendo possivelmente ocorrido processos de degradação que podem ocasionar a diminuição gradativa da vegetação no município.

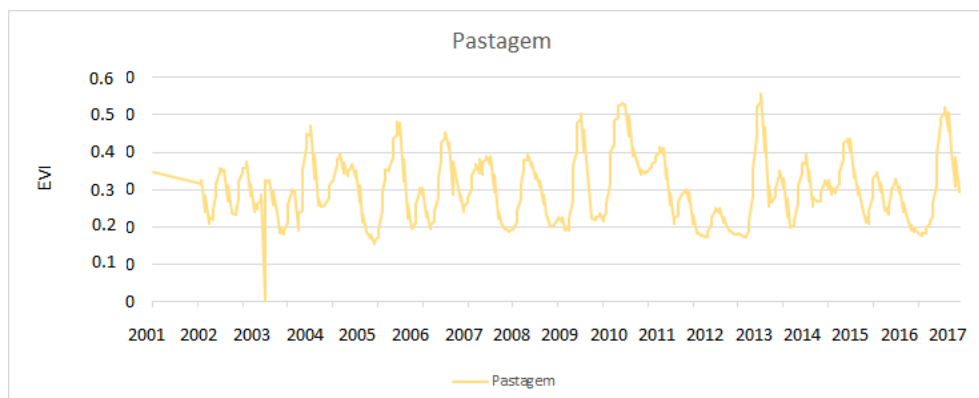


Figura 8. Assinatura espectro-temporal da classe Pastagem.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A figura 9 representa a assinatura espectro-temporal da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem, a qual apresentou fortes variações ao longo da série temporal. A assinatura acompanhou a sazonalidade da região, o que demonstra que as atividades praticadas são dependentes das condições meteorológicas, como a agricultura de sequeiro. Os valores mais elevados de EVI foram encontrados nos meses de estação chuvosa, apresentando comportamento ascendente no início do ciclo. Todavia, o EVI apresentou sensibilidade hídrica no período de baixos índices pluviométricos no município, principalmente no ano de 2012, no qual ocorreu intenso período de seca na região (SANTOS, et al., 2012).

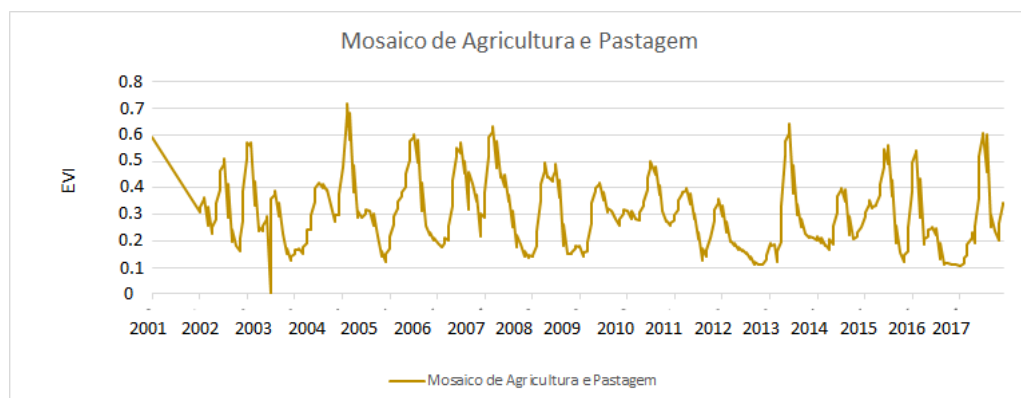


Figura 9. Assinatura espectro-temporal da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem.

Na Figura 10 pôde-se realizar um comparativo entre as assinaturas espectro-temporais das classes estudadas. Nota-se que a Formação Florestal alcança os valores mais elevados de EVI, corroborando o que foi apresentado na Figura 4, seguida pela classe Mosaico de Agricultura e Pastagem que em períodos chuvosos alcançou valores elevados próximos ao padrão da formação florestal. Em contrapartida, a infraestrutura urbana é a única classe que apresenta um padrão de valores baixos.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

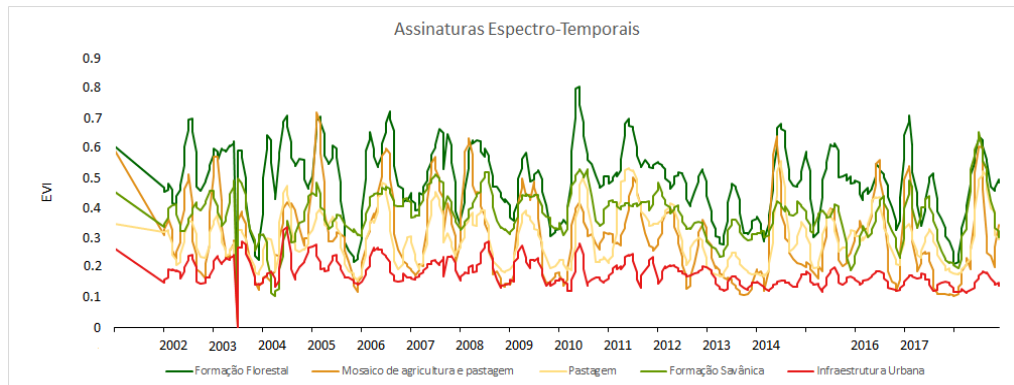


Figura 10. Assinaturas espectro-temporais das classes utilizadas na pesquisa.

#### 4. Considerações Finais

As assinaturas espectro-temporais entre os anos de 2001 e 2017 permitiram discriminar e caracterizar as diferentes classes de cobertura vegetal e uso de terras no município de Euclides da Cunha. As análises de séries temporais de EVI e dos mapas temáticos do MAPBIOMAS demonstram que é possível utilizar assinaturas espectro-temporais para discriminação das classes de cobertura vegetal e do uso de terras no bioma Caatinga, assim como, é viável identificar as principais mudanças associadas aos padrões das fitofisionomias. Recomenda-se o uso das séries temporais e de assinaturas espectro-temporais para caracterização de outras classes, assim como para outros biomas.

#### REFERÊNCIAS

ADAMI, M. **Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS**. 2010. 163p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

ARAI, Egídio, et al. Análise de séries temporais MODIS e TRMM nas áreas de caatinga, cerrado e floresta. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p.5081-5088, 25 abr. 2009.

ARVOR, D.; Jonathan, M.; Meirelles, M.S.P.; Dubreuil, V.; Durieux, L. **Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil**. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, n. 22, p. 7847–7871, 2011.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

BORGES, E. F.; SANO, E. E.; MEDRADO E. “Radiometric quality and performance of TIMESAT for smoothing moderate resolution imaging spectroradiometer enhanced vegetation index time series from western Bahia State, Brazil.” *Journal of Applied Remote Sensing* 8 (2014), Paper 083580-1.

COUTO Jr., A. F.; CARVALHO Jr., O. A; MARTINS, E. S. Séries temporais de NDVI, EVI e NDWI do sensor MODIS para caracterização fenológica do algodão. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65(1), p. 199-210, 2013

EKLUNDH, L.; JÖNSSON, P. Timesat 3.2: **Software Manual**. Lund University and Malmö University, Suécia, 82 p., 2015

INPE. **Sensor Modis: Uma abordagem geral**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2003.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: 23/12/2018.

MAPBIOMAS. “Projeto Mapbiomas – **Coleção 3 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil**”, Acessado em 10 de janeiro 2019 através do link: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 de jan. 2019.

PEIXOTO, Sérgio Elísio Araújo Alves et al. **Sistemas Agrícolas dos Pequenos Produtores do Município de Euclides da Cunha-BA**. Petrolina: Embrapa, 2001. 63 p.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 423 p

SANO, E.E.; BAYMA, P.A.; **Séries temporais de índices de vegetação (ndvi e evi) do sensor modis para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado**. Boletim de Ciências Geodésicas - On-Line version, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 4, p.797-813, out-dez, 2015.

SANTOS, E. et al. A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-ce. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 5, p.819-830, 2012.

SHAO, Y.; LUNETTA, R. S.; WHEELER, B.; IIAMES, J. S.; CAMPBELL, J. B. **An evaluation of time-series smoothing algorithms for land-cover classifications using MODIS-NDVI multi-temporal data**. *Remote Sensing of Environment*, v. 174. pp. 258-265, 2016.

SATVeg - **Sistema de Análise Temporal da Vegetação**. Disponível em: Acesso em: 01 jan. 2019.