

CORRELAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL ENTRE O AVANÇO DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA E AS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NO MATOPIBA

José Galdino de Oliveira Júnior¹, Matheus Melo de Souza², Tatiana de Oliveira Russo³, Andrea Lêda Ramos de Oliveira⁴, Rubens A. C. Lamparelli⁵, Júlio César Dalla Mora Esquerdo⁶

¹ Doutorando em Eng. Agrícola, Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO), FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP, dinojr95@gmail.com;

² Doutorando em Eng. Agrícola, Laboratório de Logística e Comercialização Agroindustrial (LOGICOM), FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP;

³ Doutoranda em Eng. Agrícola, Laboratório de Logística e Comercialização Agroindustrial (LOGICOM), FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP;

⁴ Profa. Dra., Laboratório de Logística e Comercialização Agroindustrial (LOGICOM), FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

⁵ Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético - NIPE, UNICAMP, Campinas - SP

⁶ Embrapa Agricultura Digital, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Campinas - SP

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Levando-se em consideração que para garantir a segurança alimentar global, atualmente os meios produtivos devem visar práticas atreladas ao desenvolvimento sustentável, o objetivo deste artigo foi a avaliação da relação existente entre o crescimento da atividade agropecuária e as mudanças ambientais ocorridas na região do MATOPIBA entre 2001 a 2021. Nós utilizamos técnicas de sensoriamento remoto e inteligência artificial para investigar as transformações ambientais nesta área, especialmente quanto à substituição da vegetação natural por atividades antrópicas. Para tanto, utilizamos dados anuais do projeto MapBiomass e de uma série temporal de três parâmetros biofísicos: precipitação, temperatura da superfície e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Além disso, nós realizamos uma análise de tendência espaço-temporal usando o teste Mann-Kendall para identificar a significância das tendências relacionadas às mudanças ambientais na região. O principal resultado do estudo indicou que 10,24% da degradação ambiental na área esteve associada à conversão da cobertura vegetal nativa em áreas de pastagem animal e produção agrícola. Essa constatação ressaltou o impacto degradativo significativo da atividade agropecuária no MATOPIBA. Além disso, confirmamos também que a metodologia adotada possui um potencial promissor para contribuir com o planejamento sustentável do uso da terra e formulação de políticas públicas eficientes voltadas à mitigação de adversidades e à promoção da conservação ambiental desta região.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças de uso e cobertura da terra, sensoriamento remoto, degradação ambiental.

SPACE-TEMPORAL CORRELATION BETWEEN THE PROGRESS OF AGRICULTURAL ACTIVITY AND ENVIRONMENTAL CHANGES IN MATOPIBA

ABSTRACT: Taking into account that to guarantee global food security, currently, the means of production must aim at practices linked to sustainable development, the objective of this article was to evaluate the existing relationship between the growth of agricultural activity and the environmental changes that occurred in the MATOPIBA region between 2001 and 2021. We used remote sensing techniques and artificial intelligence to investigate environmental transformations in this area, especially regarding the replacement of natural vegetation by anthropic activities. We used annual data from the MapBiomass project and a time series of three biophysical parameters: precipitation, surface temperature, and NDVI (Normalized

Difference Vegetation Index). In addition, we performed a spatiotemporal trend analysis using the Mann-Kendall test to identify the significance of trends related to environmental changes in the region. The study's main result indicated that 10.24% of the environmental degradation in the area was associated with the conversion of native vegetation cover into areas for animal pasture and agricultural production. This finding demonstrated the significant degradative impact of agricultural activity in MATOPIBA. In addition, we also confirm that the adopted methodology has a promising potential to contribute to sustainable land use planning and the formulation of efficient public policies aimed at mitigating adversities and promoting environmental conservation in this region.

KEYWORDS: Land use and land cover changes, remote sensing, land degradation.

INTRODUÇÃO: A ação antrópica exerce um papel fundamental como uma das principais causas de alterações ambientais na superfície terrestre. Tal processo torna-se, portanto, o principal fator responsável pela degradação ambiental em nível global (MARENGO et al., 2022; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2023). No entanto, ainda há uma lacuna significativa no conhecimento sobre os impactos dessas atividades ao longo do tempo e especificamente em relação às mudanças de uso e cobertura da terra na região do MATOPIBA – acrônimo para a região produtora compreendida por porções dos estados brasileiros de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MIRANDA et al., 2014). Pois, nas últimas décadas, essa região tem sido marcada por mudanças espaciais significativas, onde grandes áreas do bioma Cerrado vêm sendo convertidas desordenadamente em áreas de pastagem e produção agrícola (soja, algodão, café, cana-de-açúcar, entre outros) nos últimos 20 anos (SANTOS et al., 2021). Por outro lado, através da utilização de técnicas como o sensoriamento remoto e a inteligência artificial, torna-se possível a investigação destas alterações ambientais ocorridas na região (SOUZA et al., 2020). Através destas ferramentas, como a relação entre a transição da vegetação natural do Cerrado para a agropecuária e identificar as regiões que mais sofreram com essas mudanças. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a correlação existente entre a significância das tendências espaço-temporais dos parâmetros biofísicos avaliando a precipitação, Temperatura de superfície e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e as alterações ambientais ocorridas na região do MATOPIBA entre os anos de 2001 a 2021.

MATERIAL E MÉTODOS: O MATOPIBA está localizado entre a região Amazônica e o Semiárido Brasileiro, especificadamente, entre as coordenadas 3° a 15° S e 42° a 50° O, abrangendo áreas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Sua área total de aproximadamente 73.000.000 ha engloba grande parte dos estados do Maranhão (33%), Tocantins (38%), porção sudoeste do Piauí (11%) e noroeste da Bahia (18%) (MIRANDA et al., 2014). A representação espacial da área de estudo está demonstrada na Figura 1A. O clima do MATOPIBA é tropical úmido com inverno seco (Aw), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com variação térmica média mensal de 25 a 27°C ao longo do ano, e pluviosidade média anual entre 800 a 2.000 mm, distribuída em duas estações bem definidas: a estação seca (Maio a Setembro) e a estação chuvosa (Outubro a Abril) (ALVARES et al., 2013; MIRANDA et al., 2014). As etapas metodológicas deste trabalho basearam-se, primeiramente, na obtenção de uma série temporal de dados anuais de precipitação (P) (FUNK et al., 2015), temperatura de superfície (Ts) e NDVI (produtos MOD/MYD11A1 e MOD/MYD13A1, respectivamente) referentes aos anos de 2001 a 2021, que foi elaborada e manipulada dentro da plataforma digital *Google Earth Engine* – GEE (GORELICK et al., 2017). Posteriormente, criamos uma série temporal de dados de mudanças de uso e cobertura da terra, através do plugin do projeto MapBiomas (também presente no GEE a partir do link: <https://github.com/mapbiomas-brazil/user-toolkit>). Executamos também a reprojeção de todos os dados orbitais para o DATUM SIRGAS2000 / projeção UTM 23S. Por fim, realizamos

uma análise descritiva do impacto do avanço da produção agropecuária sobre a vegetação natural do MATOPIBA, mediante a técnica não-paramétrica do teste *Mann-Kendall*, para os níveis de significância de 5% e 1% de probabilidade (MANN, 1945; KENDALL, 1975). Nesta análise, podemos detectar a correlação existente entre a significância das tendências espaço-temporais dos parâmetros biofísicos avaliados (P, Ts e NDVI) e as alterações ambientais ocorridas nesta região entre 2001 e 2021 (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Diante das informações presentes na Tabela 1, observamos que aproximadamente 74.963 km² (10,24%) da degradação ambiental ocorrida no MATOPIBA, entre os anos de 2001 a 2021, esteve relacionada à conversão da cobertura vegetal nativa em áreas de pastagem animal e de produção agrícola de culturas temporárias (soja, arroz, algodão e outras). Tais informações apontaram que as atividades agropecuárias tiveram forte impacto sobre as alterações ambientais ocorridas nessa região durante tal período (ARAÚJO et al., 2019; SOUZA et al., 2020). Além disso, quando analisamos os dados referentes à análise do teste *Mann-Kendall* (Figura 1), confirmamos que tais mudanças de uso e cobertura da terra ocasionaram tendências altamente significativas (ao nível 1% de probabilidade), de acréscimo para a temperatura de superfície e decréscimo para o NDVI (áreas circundadas nos tons de azul, verde e preto nas Figuras 1A, 1C e 1D, respectivamente). Por outro lado, a precipitação alcançou majoritariamente tendências de decaimento (não significativas) dos índices pluviométricos na região do MATOPIBA e também algumas ocorrências de tendências significativas ao nível de 5% de probabilidade em áreas isoladas desta região (áreas de coloração verde na Figura 1B). Tais fatos demonstraram que essas alterações ambientais aliadas às mudanças climáticas estão causando um impacto progressivo no MATOPIBA (MARENGO et al., 2022).

TABELA 1. Processos de conversão da vegetação natural do MATOPIBA ocorridos entre os anos de 2001 e 2021.

Classe de transição de uso e cobertura da terra	Área (km ²)	Percentual (%)
VN - P	40.610,19	5.5521
VN - CA	75,32	0.0103
VN - MU	6.162,89	0.8426
VN - AU	261,69	0.0358
VN - SE	677,61	0.0926
VN - M	3,47	0.0005
VN - CT	34.353,05	4.6967
VN - CP	288,33	0.0394

*Onde: VN – Vegetação natural (florestal, savânica e campestre), P – Pastagem animal, CA – Cana-de-açúcar, MU – Mosaicos de usos agrícolas, AU – Área urbana, SE – Solo exposto, M – Mineração, CT – Culturas temporárias (soja, arroz, algodão e outras), CP – Culturas perenes (café e outras).

CONCLUSÕES: A metodologia empregada neste trabalho forneceu informações pertinentes sobre os impactos ambientais causados pelas mudanças de uso e ocupação de terra decorrentes do avanço da produção agropecuária na região do MATOPIBA durante os anos de 2001 a 2021. Tais resultados poderão contribuir para o planejamento sustentável no uso e ocupação do solo e auxiliar nas tomadas de decisões de políticas públicas eficientes, visando à mitigação dos efeitos negativos e à promoção da conservação ambiental nessa região.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UNICAMP, ao CNPq e à CAPES pelos incentivos técnicos e institucionais que viabilizaram o referido trabalho.

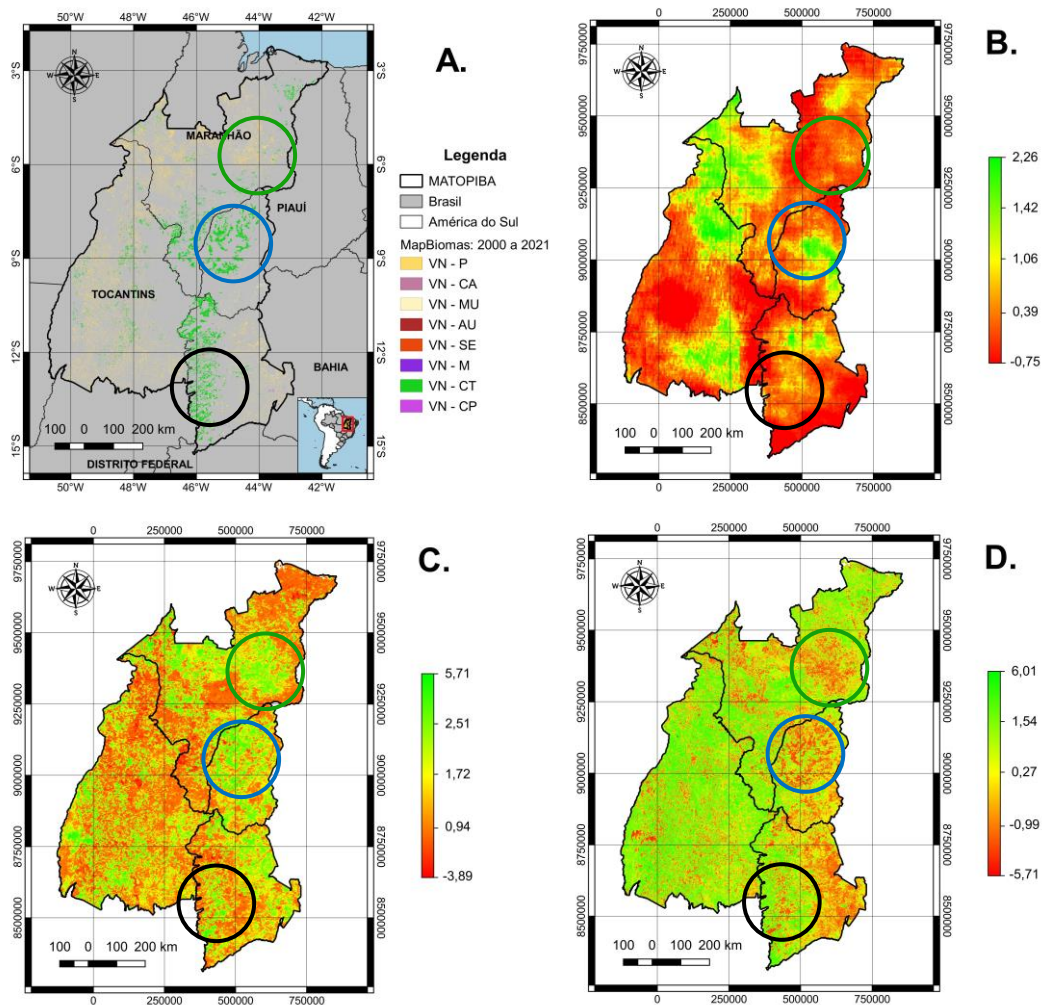


FIGURA 1. Tendências espaço-temporais das mudanças ambientais ocorridas na região do MATOPIBA entre 2001 e 2021, através de dados do projeto MapBiomas (A), da precipitação (B), temperatura de superfície (C) e NDVI (D).

REFERÊNCIAS:

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO et al. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the MATOPIBA region, Brazil (1990–2015). *Land Use Policy*, v. 80, p. 57-67, 2019.
- FUNK, C. et al. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, v. 2, 2015.
- GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017.
- KENDALL, M. *Rank Correlation Methods*, fourth ed. Griffin, London – UK, 1975.
- MANN, H. B. *Nonparametric Tests Against Trend*, v. 13, n. 3, 1945.
- MARENGO et al. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. *Scientific Reports*, v. 12, 457, 2022.
- MIRANDA, E. E. et al. *Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA*. Nota técnica 1. EMBRAPA. Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE). 2014. Disponível em: https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf. Acesso em: 03 maio 2023.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. G. et al. Space-temporal detection of environmental changes in the Brazilian semi-arid through Google Earth Engine and GIS. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 127, 104403, 2023.
- SANTOS, R. S. et al. Consequences of land-use change in Brazil's new agricultural frontier: A soil physical health assessment. *Geoderma*, v. 400, 115149, 2021.
- SOUZA et al. Dynamics of savanna clearing and land degradation in the newest agricultural frontier in Brazil. *Giscience & Remote Sensing*, v. 57, n. 7, p. 965-984, 2020.