



ANÁLISE ESPACIAL DA AMAZÔNIA LEGAL MARANHENSE NA REGIÃO SOB INFLUÊNCIA DA MATOPIBA: INDICADORES DE DESMATAMENTO E SOCIOECONÔMICOS

Spatial analysis of the Legal Amazon of Maranhão in the region under the influence of MATOPIBA: deforestation and socioeconomic indicators

Análisis espacial de la Amazonía Legal de Maranhão en la región bajo influencia del MATOPIBA: indicadores de deforestación y socioeconómicos

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v28.1162>

Histórico do Artigo:
Recebido em 06 de julho de 2025
Aceito em 19 de março de 2026
Publicado em 13 de maio de 2026

Dacélia Brito Barrada¹

Eliene Cristina Barros Ribeiro²

Walter Saraiva Lopes³

Antonia Francisca da Silva Saraiva⁴

RESUMO

O objetivo foi realizar a análise exploratória espacial de dados de desmatamento e socioeconômicos dos municípios da Amazônia Legal Maranhense, que se encontram no recorte da região MATOPIBA. A metodologia foi a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), com recorte temporal de 2013 e 2023. Para tratar dados e construir representações visuais, utilizaram-se os *softwares*: Tableau 2014.1 (gráficos e organização); QGIS 3.34 (análise espacial e mapas); e GeoDa 1.22 (análise estatística espacial). As variáveis selecionadas na pesquisa: desmatamento, PIB *per capita*, Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e emprego formal. Para verificar a autocorrelação espacial, aplicou-se a Estatística I de Moran, que indicou significância para desmatamento, PIB *per capita* e IDEB. Emprego formal não apresentou autocorrelação espacial. Com base nas variáveis com autocorrelação, calculou-se o Índice de Moran Local Univariado (LISA), que permitiu verificar a

¹ Mestra em Desenvolvimento Socioeconômico pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: dacelia.b@gmail.com


 <https://orcid.org/0000-0002-9747-9876>

² Professora Adjunta da Coordenação de Ciências Contábeis do Centro de Ciências de Imperatriz e Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico (PPGDSE) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).


E-mail: eliene.cbr@ufma.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7456-6563>

³ Professor Adjunto da Coordenação de Ciências Contábeis do Centro de Ciências de Imperatriz, Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional (Profiap) e Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico (PPGDSE) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: w.saraiva@yahoo.com.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4433-2384>

⁴ Professora Adjunta do Curso de Ciências Contábeis do Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL). E-mail: antonyafc@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1428-5110>

formação de *clusters* significativos em 2013 e 2023. Os resultados evidenciaram que o desmatamento em um município afeta os vizinhos, assim como baixo PIB *per capita* ou aumento da nota do IDEB podem influenciar municípios próximos. Conclui-se que há associação entre desmatamento e dinamismo econômico regional, evidenciando padrões espaciais distintos e limitada relação com indicadores educacionais e emprego formal, indicando desafios para a sustentabilidade.

Palavras-chave: Desmatamento; Indicadores socioeconômicos; Amazônia Legal; Região MATOPIBA; Maranhão.

ABSTRACT

The objective was to conduct the spatial exploratory analysis of deforestation and socioeconomic data from municipalities of the Legal Amazon of Maranhão, which are located within the MATOPIBA region. The methodology used was Exploratory Spatial Data Analysis (AEDE), with a time frame of 2013 and 2023. To process data and construct visual representations, the following software was used: Tableau 2014.1 (graphs and organizing); QGIS 3.34 (spatial analysis and map); and GeoDa 1.22 (spatial statistical analysis). The variables selected in the research: Deforestation, GDP per capita, Basic Education Development Index (IDEB) and Formal Employment. To verify the spatial autocorrelation, Moran's I statistic was applied, which indicated significant for deforestation, GDP per capita, and IDEB. Formal employment did not present spatial autocorrelation. Based on the variables with autocorrelation, the Univariate Local Moran's Index (LISA) was calculated, which allowed verifying the formation of significant clusters in 2013 and 2023. The results showed that deforestation in one municipality affects its neighbors, just as a low GDP per capita or an increase in the IDEB score can influence nearby municipalities. It is concluded that there is an association between deforestation and regional economic dynamism, highlighting distinct spatial patterns and a limited relationship with educational indicators and formal employment, indicating challenges for sustainability.

Keywords: Deforestation; Socioeconomic indicators; Legal Amazon; MATOPIBA region; Maranhão.

RESUMEN

El objetivo fue realizar un análisis exploratorio espacial de los datos de deforestación y socioeconómicos de los municipios de la Amazonía Legal de Maranhão, que se encuentran en el recorte de la región MATOPIBA. La metodología fue el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), con un recorte temporal entre 2013 y 2023. Para tratar los datos y construir representaciones visuales, se utilizaron los softwares: Tableau 2014.1 (gráficos y organización); QGIS 3.34 (análisis espacial y mapas); GeoDa 1.22 (análisis estadístico espacial). Las variables seleccionadas en la investigación: deforestación, PIB per cápita, Índice de Desarrollo de la Educación Básica (IDEB) y empleo formal. Para verificar la autocorrelación espacial, se aplicó la Estadística I de Moran, que indicó significancia para la deforestación, el PIB per cápita e el IDEB. El empleo formal no presentó autocorrelación espacial. Con base en las variables con autocorrelación, se calculó el Índice de Moran Local Univariado, que permitió verificar la formación de clústeres significativos en 2013 y 2023. Los resultados evidenciaron que la deforestación en un municipio afecta a los vecinos, así como un bajo PIB per cápita o el aumento del IDEB pueden influir en municipios cercanos. Se concluye que existe una asociación entre la deforestación y el dinamismo económico regional, destacando patrones espaciales distintos y una relación limitada con los indicadores educativos y el empleo formal, lo que indica desafíos para la sostenibilidad.

Palabras-clave: Deforestación; Indicadores socioeconómicos; Amazonía Legal; Región MATOPIBA; Maranhão.

INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma das últimas fronteiras florestais da terra e o maior bioma de floresta tropical, com grande biodiversidade. Esses fatores tornam a região um espaço de disputas nacionais e internacionais sobre sua inclusão em programas de desenvolvimento. Entre 2019 e 2023, 5.895.310 hectares foram desmatados no Brasil, e o Maranhão, em 2023, liderou o desmatamento no país pela

primeira vez, com 331.226 hectares desmatados, representando 18,1% do total do país (MAPBIOMAS, 2024).

O aumento do desmatamento em municípios da Amazônia Legal Maranhense, que foram incluídos na delimitação da MATOPIBA (acrônimo das siglas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), que fica localizada das bordas orientais da Amazônia Legal, é apontado como uma nova fronteira agrícola brasileira. A região centro-sul do Maranhão, por exemplo, que se localiza nas duas delimitações, passou por transformações significativas desde a década de 1990, com a expansão da agropecuária intensificando o desmatamento. Essa situação, em que a relação entre desmatamento e variáveis socioeconômicas dos municípios se tornou evidente, destaca as transformações na região e as implicações das atividades agrícolas sobre o meio ambiente.

Nesse sentido, este estudo realizou a análise espacial de municípios da Amazônia Legal Maranhense que estão incluídos na delimitação de municípios pertencentes à região MATOPIBA. Para isso, foram escolhidas como variáveis o incremento de desmatamento anual e os aspectos socioeconômicos, como o Produto Interno Bruto *per capita* (PIB *per capita*), a nota do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e o emprego formal, disponíveis na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), para verificar se essas variáveis possuem autocorrelação espacial.

Nesse sentido, surge a questão de pesquisa: Como o desmatamento da Amazônia Legal Maranhense, especialmente nos municípios que estão inclusos na região MATOPIBA, influencia os aspectos socioeconômicos dos municípios envolvidos, refletindo nas dinâmicas econômicas e sociais da região?

Os municípios selecionados para realizar esta análise são aqueles que estão categorizados como pertencentes à Amazônia Legal, porém delimitados na MATOPIBA em 2014 (Miranda; Magalhães; Carvalho, 2014). A delimitação temporal abrangeu os anos de 2013 e 2023, permitindo identificar as implicações antes e depois da inclusão da região MATOPIBA dentro da Amazônia Legal Maranhense.

Com base na delimitação do estudo nos municípios da Amazônia Legal Maranhense no recorte da região MATOPIBA, busca-se identificar os impactos do desmatamento e suas implicações sobre as condições socioeconômicas desses municípios. Nesse contexto, o objetivo foi realizar a análise exploratória espacial dos dados de desmatamento e socioeconômicos dos municípios da Amazônia Legal Maranhense, que se encontram no recorte da região MATOPIBA.

DESENVOLVIMENTO E AMAZÔNIA

Na década de 1950, existia a ideia de que os países subdesenvolvidos deveriam seguir o modelo industrial de desenvolvimento dos países desenvolvidos, adotando políticas de crescimento econômico (Bellingieri, 2017). Por muitos anos, para o autor, a noção de desenvolvimento esteve ligada à industrialização como sinônimo de crescimento econômico. A partir de 1960, ele ainda acrescenta, iniciou-se uma abordagem de desenvolvimento econômico voltado para a elevação do padrão de vida e o aumento do nível de consumo, o que aumentou a importância dos indicadores sociais e do combate à pobreza.

No início dos anos 1970, surgiram os primeiros debates sobre a problemática ambiental, que resultaram nos conceitos de ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável (Bellingieri, 2017). Segundo o autor, formaram-se os seguintes conceitos de desenvolvimento: i) O primeiro conceito tinha como pressuposto a estagnação voluntária do crescimento econômico para reduzir o impacto negativo ao meio ambiente; ii) O segundo conceito, o desenvolvimento sustentável, que defendia o crescimento socioeconômico como via de redução da pobreza e, conseqüentemente, dos problemas ambientais.

Esses dois conceitos foram importantes para o surgimento de políticas ambientais nas organizações multilaterais, como o Banco Mundial e Fundo Monetário Internacional (FMI) (Bonente; Almeida Filho, 2008). Para os autores, a partir daí surgiram novos modelos de crescimento socioeconômico que romperam com a teoria tradicional do crescimento.

O artigo 225, parágrafo 4º, da Constituição Federal (CF) de 1988, coloca a Floresta Amazônica, em conjunto com outras reservas naturais, como patrimônio nacional, e seu uso é regulado na forma de lei. Assim, tornam-se indisponíveis as terras devolutas e outras terras arrecadadas pelo Estado que são importantes para a proteção de ecossistemas (Brasil, 2024). Essas garantias inseridas na CF legitimaram a implantação da chamada malha socioambiental, identificada por Becker (2007), que ao longo dos anos 1990 entrou em conflito com as dinâmicas introduzidas pelos grandes programas governamentais. Como exemplo, o programa Brasil em Ação (1990) e o Avança Brasil (1999), que, segundo o autor, trouxeram o retorno de políticas voltadas para a produção e exportação, conflitando com os interesses estabelecidos para a fronteira socioambiental.

Os dados sobre a Amazônia são apresentados de duas formas: a Amazônia enquanto bioma e a Amazônia Legal. A Amazônia bioma corresponde à área de vegetação de floresta, desconsiderando as formações de cerrado e outras vegetações presentes na Região Amazônica (INPE, 2024c; MAPBIOMAS, 2024). O bioma Amazônia possui 420 milhões de hectares, correspondendo a 49,5% do

território brasileiro e 66,67% das áreas florestais do Brasil em 2020. Desses, a pastagem corresponde a 13,3%, a água a 2,5%, a agricultura a 1,9%, a formação campestre a 1,2%, a floresta a 68,7%, e outros usos, incluindo áreas urbanizadas, somam 0,4% (IMAZON, 2022; MAPBIOMAS, 2025).

A Amazônia Legal foi uma divisão criada em 1953, durante o governo de Getúlio Vargas, pela Lei nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953, como parte do Plano de Valorização Econômica da Amazônia, que visava promover o desenvolvimento da região. Essa região possui 5.015.068,18 km² de extensão, abrangendo cerca de 58,9% do território brasileiro. Os estados que fazem parte da Amazônia legal são Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parte do Maranhão (IBGE, 2024). De acordo com a última atualização da malha municipal brasileira, a Amazônia legal possui 772 municípios. Desses, 181 estão localizados no estado do Maranhão. Assim, conforme o IBGE, 79,3% do território maranhense pertence a Amazônia Legal.

Dessa forma, é importante verificar como se dá o desenvolvimento da região, tendo em vista que o Maranhão está localizado entre a delimitação da Amazônia Legal e a delimitação dos biomas, além das diferentes malhas territoriais de desenvolvimento estratégico que faz parte.

Análise espacial

A Análise espacial é uma das principais abordagens usadas para compreender a influência da especialidade nas questões municipais de determinada região, muito usada para analisar a influência do desmatamento em diversos biomas. Nesse sentido, tem-se os trabalhos de Vieira e Mendonça (2021); Rossoni e Moraes (2020); Silva, Marcelino e Parré (2020); Kampel, Câmara e Quintanilha (2000). Esses estudos analisam a relação entre área desmatada de floresta de municípios e área de lavoura plantada; área de lavoura colhida e área destinada a pecuária; dentre outras variáveis e análises de presença de *clusters* em municípios.

Usando essa mesma metodologia para as variáveis socioeconômicas, cita-se os trabalhos de Vieira *et al.* (2022) e Haddad, Haddad e Vale (2017), que analisam variáveis de municípios do Maranhão, como o PIB *per capita* e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Os autores verificaram a existência de dependência espacial para ambas e a formação de *clusters* de municípios.

O estudo de Vieira *et al.* (2022) evidenciou dependência espacial do IDHM no Maranhão, indicando que municípios vizinhos tendem a apresentar níveis semelhantes de desenvolvimento. Observou-se a formação de *clusters* do tipo alto-alto e baixo-baixo, o que, para os autores, reforçam a influência regional e a necessidade de ações com foco em dinâmicas territoriais.

Em um estudo sobre o Maranhão, a análise espacial evidenciou que o desenvolvimento socioeconômico apresenta concentração regional, com clusters alto-alto nas regiões Sul e Metropolitana, e baixo-baixo em grande parte do estado (Haddad; Haddad; Vale, 2017). Conforme os autores, isso indica que o crescimento social e econômico não é homogêneo, refletindo disparidades persistentes entre os municípios maranhenses.

Nesse contexto, a análise espacial da Amazônia Legal maranhense, situada na região de influência da MATOPIBA, contempla a integração de indicadores de desmatamento e aspectos socioeconômicos como ferramentas para compreender a dinâmica ambiental e social local. Essa abordagem permite avaliar como esses fatores se distribuem no território e interagem entre si, revelando padrões de distribuição espacial do desmatamento e dos indicadores socioeconômicos.

Considerando a distribuição espacial das variáveis relacionadas ao desmatamento e aos aspectos socioeconômicas, conforme proposto por Haddad; Haddad; Vale (2017), Vieira *et al.* (2022), Nunes; Campelo Filho; Benini (2023), Barrada (2024), apresentam-se as seguintes hipóteses: i) Hipótese nula: O desmatamento não apresenta correlação espacial significativa com os indicadores socioeconômicos analisados (PIB *per capita*, IDEB e emprego formal) nos municípios da Amazônia Legal situada na região MATOPIBA maranhense, indicando uma distribuição espacial aleatória dessas variáveis entre os municípios da região; ii) Hipótese alternativa: O desmatamento existe correlação espacial significativa com os indicadores socioeconômicos analisados (PIB *per capita*, IDEB e emprego formal) nos municípios da Amazônia Legal situada na região MATOPIBA maranhense, indicando padrões de distribuição espacial estruturados entre as variáveis dos municípios da região.

Em relação à análise espacial de emprego formal, destacou-se o estudo de Saraiva *et al.* (2023), que investigou o mercado de trabalho da região MATOPIBA nos anos de 2013 e 2019. Os resultados dos autores revelaram concentração de empregos formais em microrregiões com maior dinamismo econômico, evidenciando a influência de cadeias produtivas regionais sobre a geração de postos de trabalho. Além disso, os autores observaram uma distribuição desigual das oportunidades de emprego entre os municípios, com presença de clusters espaciais indicativos de regiões com maior ou menor densidade ocupacional no período analisado.

Para a análise da renda *per capita*, destacou-se o estudo de Fonseca e Aguiar (2019), que aplicaram técnicas de análise espacial para investigar padrões de autocorrelação entre os municípios, identificando a formação de clusters de alta renda *per capita*. Esses autores revelaram padrões espaciais de concentração de renda e sugerem persistência de desigualdades socioeconômicas regionais, mesmo com variações pontuais ao longo do tempo.

Na análise da espacialidade do IDEB, destaca-se o estudo de Souza e Tabosa (2016), que empregou a análise espacial para examinar o desempenho dos municípios, com o fim de identificar padrões de autocorrelação espacial e os fatores que influenciam a probabilidade de os municípios atingirem as metas estipuladas para o IDEB.

METODOLOGIA

Este estudo utilizou a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para analisar os indicadores de 99 municípios do estado do Maranhão, inseridos na Amazônia Legal e pertencentes à região da MATOPIBA maranhense. Foram analisados os seguintes indicadores, com base nas variáveis selecionadas para o estudo: (a) o incremento no desmatamento anual nos anos de 2013 e 2023, extraídos do Projeto de Monitoramento de Desmatamento da Floresta Amazônica por Satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (PRODES/INPE); e (b) o Produto Interno Bruto *per capita* municipal de 2013 e 2021 que são os dados mais recentes e foram extraídos do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), do IDEB e do MTE/RAIS.

A partir disso, verificou-se, em um primeiro momento, a existência de dependência espacial e, em um segundo momento, a formação de *clusters* espaciais. Esses municípios foram analisados considerando a nova divisão regional do IBGE, que classifica as antigas mesorregiões e microrregiões como regiões geográficas intermediárias e regiões geográficas imediatas. Dessa forma, foi possível contextualizar e identificar, em termos regionais, os impactos socioeconômicos do desmatamento.

Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é um conjunto de técnicas que identificam distribuições espaciais e permitem visualizar e descrever essas distribuições. Além disso, essas técnicas possibilitam identificar localidades atípicas, chamadas de *outliers* espaciais, e identificar padrões de associações espaciais, chamados de *clusters* espaciais, com o principal objetivo de deixar os dados falarem por si próprios (Anselin, 2024; Anselin, 1995; Almeida, 2012), ou seja, evidenciar os padrões espaciais existentes.

A AEDE é uma técnica econométrica que permite identificar a dependência espacial e a heterogeneidade espacial entre municípios. Uma das técnicas da AEDE é a autocorrelação Global

Univariada, que, neste trabalho, foi realizada pela Estatística I de Moran e pela Autocorrelação espacial Local de Moran (LISA).

Autocorrelação Espacial Global Estatística I de Moran

A Autocorrelação Espacial Global é uma medida de autocorrelação que permite identificar o nível de significância, ou seja, serve para determinar se os dados estão distribuídos aleatoriamente ou não. Caso os dados estejam distribuídos aleatoriamente, aceita-se a hipótese nula, indicando a ausência de autocorrelação espacial. Caso contrário, rejeita-se a hipótese nula, indicando a existência de autocorrelação entre as variáveis (Anselin, 2024; Anselin, 1995; Almeida, 2012; Vieira e Mendonça, 2021). O Índice de Moran Global é representado conforme a Equação 1.

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (1)$$

Em que I é um Índice de Moran Global, W é a matriz de pesos espaciais, Z é uma variável de interesse na região menos a média da mesma variável, Σ é o vetor de n, n é o número de regiões, S_0 é a matriz de pesos normalizada, i é região i e j a região j.

Com a aplicação da estatística I de Moran, o resultado pode ter valor que varia entre -1 e +1. Quanto mais próximo de 1 e positivo, indica que existe autocorrelação espacial positiva. Se o sinal for negativo, significa que existe autocorrelação negativa, e quanto mais próxima de 0, indica a ausência de correlação espacial para os dados (Anselin, 1995; Almeida, 2012; Vieira e Mendonça, 2021).

O diagrama de dispersão de Moran auxilia na interpretação das estatísticas, permitindo a visualização da reta de regressão e da correlação linear entre os valores das variáveis de interesse. Além disso, padroniza (z) os valores da variável de interesse padronizada para os municípios analisados.

O índice Global de Moran é representado pela inclinação da reta de regressão. O diagrama é dividido em quatro quadrantes, onde estão os municípios, que podem ser classificados de acordo com a interpretação como consta na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de associação linear do Diagrama de Dispersão de Moran.

Quadrante	Cluster	Descrição
Q1	Alto-alto	Municípios com alto valor da variável cercado por municípios com valores altos
Q4	Alto-baixo	Municípios com alto valor da variável cercado por municípios com valores baixos
Q3	Baixo-alto	Municípios com baixo valor da variável cercado por municípios com valores altos.
Q2	Baixo-baixo	Municípios com baixo valor da variável cercados por municípios com valores baixos.

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Almeida (2012).

A identificação de *clusters* permite a avaliação de questões relacionadas ao desenvolvimento socioeconômico de uma região. Os *clusters* do Q2 podem indicar regiões com menor dinamismo econômico, menos desenvolvidas e com menos oportunidades disponíveis. *Clusters* baixo-alto podem indicar regiões com baixo desempenho e próxima às de alto desempenho, podendo, por exemplo, utilizar a variável PIB *per capita* (Haddad; Haddad; Vale, 2017).

O Diagrama de Dispersão de Moran pode ser feito após realizar a definição da matriz de vizinhança. A matriz vizinhança é construída após a definição da matriz de pesos. As matrizes mais usadas em análise exploratória espacial são do tipo rainha, torre e bispo, em referência ao tipo de movimentação das peças no xadrez (Anselin, 2024; Anselin, 1995; Almeida, 2012).

Em resumo, a construção de uma estatística de autocorrelação espacial, segundo Almeida (2012), necessita de três elementos: a) uma medida de autocorrelação com covariância; b) uma medida de variância; c) uma matriz de ponderação espacial (W). As medidas de covariâncias são usadas para o cálculo da Estatística de Moran, e a matriz de ponderação é usada para a Estatística de Moran Local Univariada.

Autocorrelação Espacial Local de Moran (LISA)

Para identificar padrões locais de autocorrelação espacial, deve ser realizada Autocorrelação Espacial Local Univariada, usando o I de Moran Local proposto por Anselin (1995), em que o *Local Indicator of Spatial Association* (LISA) deve satisfazer a condição de indicar *clusters* espaciais estatisticamente significativos. A soma dos indicadores locais para toda a amostra deve ser proporcional ao Moran I global correspondente (Almeida, 2012).

O I de Moran Local decompõe a estatística I de Moran Global observando a contribuição local de cada observação nas quatro categorias de associação linear espacial. A equação do I de Moran Local pode ser expressa na Equação 2 (Anselin, 1995; Almeida, 2012; Vieira e Mendonça, 2021).

$$I_l = Z_i \sum_j W_{ij} Z_j \quad (2)$$

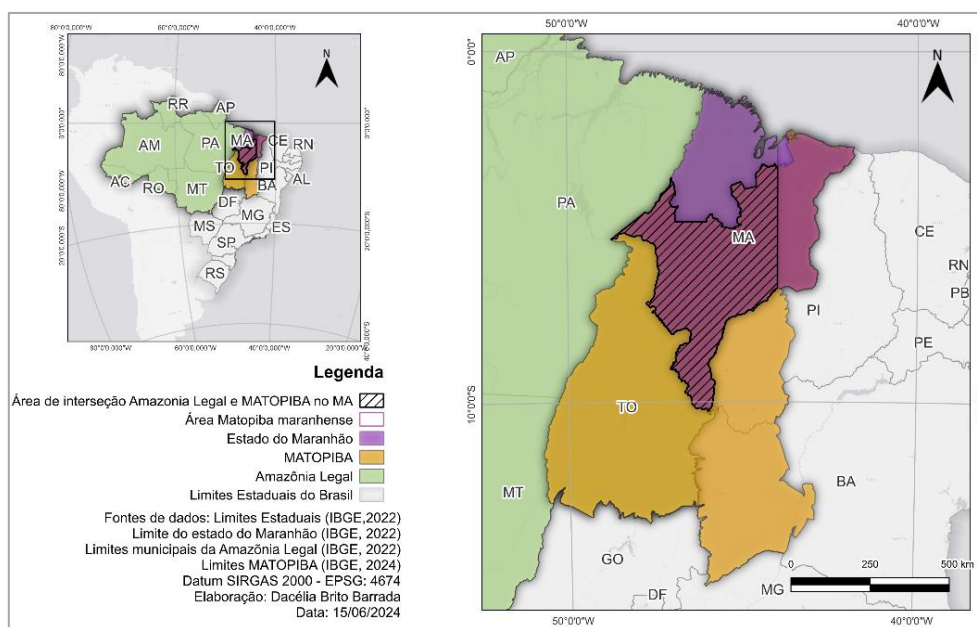
Em que o I_l é o Índice de Moran Local, W é uma matriz de pesos da vizinhança para região i e j , Z é os desvios em relação à média, Σ é o vetor de n , i é a região i e j e a região j .

Para apresentar as estatísticas de Moran Local, são elaborados mapas de significância LISA, que mostram as áreas com estatísticas de Moran Local mais significantes, com p igual a 0,05 ou no mínimo 95% de significância. O mapa de *clusters* LISA reúne informações sobre o mapa de significância do LISA e o diagrama de dispersão de Moran, classificando os *clusters* em alto-alto, baixo-alto e baixo-baixo (Almeida, 2022). No *software* GeoDa versão 1.22.04, os mapas de *clusters* podem ser classificados com as cores vermelho forte, vermelho fraco, azul fraco, azul forte. As áreas marcadas em cinza não possuem agrupamentos porque o valor da variável nessas regiões são diferentes da média de todas as regiões e, portanto, não apresentam significância de LISA.

Área de estudo e variáveis de análise

O estado do Maranhão possui 181 municípios inseridos na área da Amazônia Legal e 131 municípios localizados na área da região MATOPIBA. Ao fazer a interseção dessas duas áreas, foram identificados 99 municípios que pertencem a ambas as regiões, conforme a Figura 1. A delimitação de Amazônia Legal considerada foi a de 2022, em conjunto com a atualização da malha municipal feita pelo IBGE (IBGE, 2022a;b). A delimitação de municípios da MATOPIBA considerada pelo IBGE foi em 2021 (IBGE, 2021), sendo atualizada com a malha municipal de 2022.

Figura 1: Mapa de interseção das regiões Amazônia Legal e MATOPIBA no estado do Maranhão.



Fonte: Elaborada pelos autores com o software QGIS (2024).

A delimitação temporal desta pesquisa foi escolhida os anos de 2013 e 2023, uma vez que 2014 foi o ano da delimitação dos municípios que fariam parte da MATOPIBA, conforme o estudo realizado pelo Grupo de Inteligência Territorial e Estratégica da EMBRAPA.

Os dados selecionados para compor as variáveis de análise para a análise exploratória de dados espaciais estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis da pesquisa.

Variável	Sigla	Descrição	Medida	Fonte
Desmatamento	DESM13	Incremento no Desmatamento em 2013	Km ²	PRODES/INPE
Desmatamento	DESM23	Incremento no Desmatamento em 2023	Km ²	PRODES/INPE
PIB <i>per Capita</i>	PIBPC13	Produto Interno Bruto <i>per capita</i> Municipal a preços correntes de 2010	R\$	IMESC
PIB <i>per Capita</i>	PIBPC21*	Produto Interno Bruto <i>per capita</i> Municipal a preços correntes de 2021	R\$	IMESC
Educação	IDEB13	Índice de desenvolvimento da Educação Básica para escolas públicas e anos iniciais da educação básica para o ano de 2013	Índice	QEDU
Educação	IDEB21*	Índice de desenvolvimento da Educação Básica para escolas públicas e anos iniciais da educação básica para o ano de 2021	Índice	QEDU
Emprego Formal	TRAB13	Número de vínculos CLT até 31/12/2013	nº vínculos	MTE/RAIS
Emprego Formal	TRAB22*	RAIS vínculo ID com vínculos até 31/12/2022	nº vínculos	MTE/RAIS

Fonte: Elaborada pelos autores com base no PRODES/INPE (2024c); IMESC (2024); QEDU (2024); MTE/RAIS (2024). *Embora o recorte temporal do estudo tenha sido definido para os anos de 2013 e 2023, ele precisou ser ajustado devido à indisponibilidade de dados para o ano de 2023 em algumas bases. Devido a esse motivo, optou-se pela escolha dos anos de 2021 e 2022 para algumas variáveis, considerando serem os dados mais recentes disponíveis em relação ao ano de 2023.

No total, foram oito variáveis: quatro para o ano de 2013 e as demais distribuídas entre 2021, 2022 e 2023, devido não divulgação de várias estatísticas causado pela Pandemia de Covid-19. A escolha desses anos, para algumas das variáveis (Tabela 2), considerando ao fato que os dados mais recentes disponíveis em relação ao ano de 2023.

Os softwares utilizadas foram: (1) o *Microsoft Excel* e *Tableau*, versão 2024.1, empregados no tratamento, organização e visualização inicial dos dados, incluindo a criação de gráficos; (2) o QGIS, versão 3.36, foi utilizado para as análises espaciais e a produção cartográfica. Ele foi responsável pela criação dos *shapefiles* dos municípios selecionados e pela inserção da base de dados nesses arquivos, ou sejam no *shapefiles*. Além disso, utilizado para a elaboração de mapas cartográficos temáticos; (3) e o GeoDa, versão 1.22.04, foi aplicado na análise estatística do geoespacial, com cálculo do Índice de Moran Global, dos Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA), além da geração de mapas de *clusters*. Destaca-se que o QGIS e o GeoDa são softwares livres.

Base e tratamento de dados

O Projeto de Monitoramento de Desmatamento da Floresta Amazônica por Satélite (PRODES), criado em 1988 pelo INPE, utiliza satélites como o *Landsat* para monitorar o desmatamento na Amazônia Legal Brasileira, identificando áreas desmatadas maiores que 6,25 hectares (INPE, 2024c). Os dados são divulgados anualmente no *site* TerraBrasilis (INPE, 2024a;b). Para esta pesquisa, foram analisados dados de desmatamento dos anos 2013 e 2023, abrangendo os biomas Amazônia e Cerrado no Maranhão, onde cerca de 61 municípios da amostra possuem ambos os biomas.

Os dados de desmatamento, após serem extraídos das bases de dados, foram filtrados e tratados com o uso dos softwares *Microsoft Excel* e *Tableau*, devido à grande quantidade de dados referentes a todos os municípios do Brasil presentes nesses dois biomas. Depois de filtrados para os 99 municípios, os dados dos dois biomas foram somados, formando as variáveis DES13, para os incrementos de desmatamento no ano de 2013, e DES23, para os incrementos de desmatamento no ano de 2023.

Os dados usados para compor a variável PIB *per capita* foram extraídas do *site* do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos IMESC (2024), que tem por base os dados de PIB municipal divulgados pelo IBGE. A variável PIB *per capita* municipal engloba a produção das unidades produtoras do Maranhão em sua totalidade em um dado período, a preços de mercado, dividido

pelo total da população de determinado município no mesmo período. Foram extraídos os dados para o ano de 2013 e 2021, tendo em vista que este foi o último ano divulgado.

Criado em 2007, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) foi criado para verificar o desempenho educacional em todas as escolas e municípios do Brasil. O indicador é composto pela prova do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), somado ao fluxo escolar (INEP, 2024b). Para esta pesquisa, foram selecionadas as notas do IDEB de cada município referentes às escolas públicas nos anos iniciais (1º ao 5º ano) presentes no *site* do QEDU, em uma base de dados já tratada, tendo em vista que *site* oficial do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (INEP) só disponibiliza o resultado do último ano e dados não tratados. Foram extraídos os dados para os anos de 2013 e 2021, que foi o último ano publicado.

Para compor a variável do trabalho, foi utilizada a base de dados do RAIS/CAGED do Ministério do Trabalho e Emprego. Para o ano de 2013, foram extraídos dados dos totais de vínculos celetistas até 31/12/2013, e para o ano de 2022, o total de vínculos até o dia 31/12/2022, descontados os vínculos celetistas de empresas públicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise espacial dos indicadores socioeconômicos dos municípios pertencentes à Amazônia Legal da região MATOPIBA maranhense

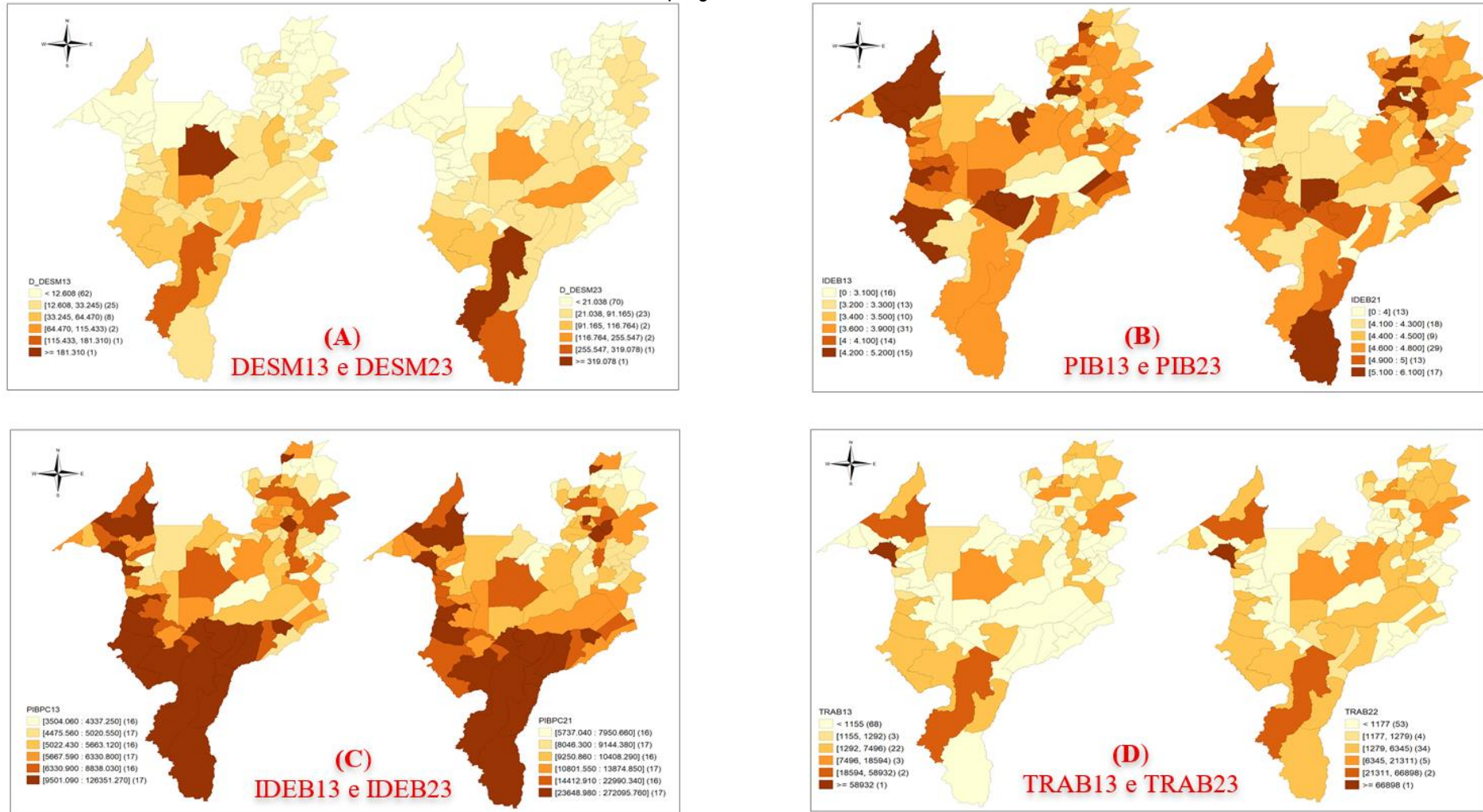
Os 99 municípios da Amazônia Legal maranhense, que fazem parte da MATOPIBA, se caracterizam por estarem situados, em sua maioria, no centro-sul do estado do Maranhão. As Regiões Intermediárias que estão incluídas nessa delimitação são:

- a) Região Intermediária de Imperatriz: Região Imediata do Tocantins Maranhense, Região Imediata das Serras, Região Imediata dos Gerais de Balsas e parte da Região Imediata da Amazônia Maranhense;
- b) Parte oeste da Região Intermediária de Presidente Dutra: Região Imediata Guajajaras, Região Imediata do Alpercatas e parte oeste da Região Imediata do Sertão Maranhense;
- c) Parte oeste da Região Imediata de Caxias: Região Imediata dos Cocais e município de Buriti-Bravo;
- d) Parte leste da Região Imediata de Santa Inês-Bacabal: Região Imediata do Mearim e parte da Região Imediata do Médio Mearim;
- e) Parte da Região Intermediária de São Luís: Parte da Região Imediata do Médio Itapecuru.

Esses municípios, somados, possuem 186.057,66 km² de área territorial, com uma população de 2.450.997 habitantes e densidade demográfica de 13,17 hab/km², considerando o Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2022). A média do PIB *per capita* dos municípios do grupo selecionado foi de R\$ 39.471,55, enquanto a média do PIB *per capita* dos municípios do Maranhão foi de R\$ 15.084,36 para o mesmo ano de 2021 (IBGE, 2024).

A análise espacial das variáveis selecionadas iniciou-se com a distribuição espacial de cada indicador ou município, conforme os mapas da Figura 2.

Figura 2: Distribuição espacial do incremento de desmatamento em 2013 e 2023 (em km²), do PIB *per capita* em 2013 e 2021 (em R\$), do IDEB em 2013 e 2021 e do Emprego Formal em 2013 e 2022.



Fonte: Elaborada pelos autores no software GeoDa, com dados do PRODES/INPE (2024), IMESC (2024), QEDU (2024) e MTE/RAIS (2024).k

O incremento de desmatamento no ano de 2013 pode-se observar que os municípios de Grajaú e Balsas foram os mais desmatados nesse ano. Indicando que a região intermediária de Imperatriz concentrou a maior quantidade de municípios com altos incrementos de desmatamentos, acima de 60 km². Em seguida apresenta-se a região intermediária de Presidente Dutra, com o município de Tuntum registrando 42,94 km² de desmatamento no ano de 2013.

A expansão da pecuária e a falta de planejamento ambiental foram fatores-chave para o desmatamento na região MATOPIBA (Farias *et al.*, 2018). No estudo, os autores destacam a necessidade de políticas públicas que equilibrem desenvolvimento do agronegócio e a conservação ambiental, visando reduzir os impactos ambientais e promover práticas sustentáveis na Amazônia Legal.

Nesse contexto, o desmatamento na região MATOPIBA maranhense intensificou-se por volta de 2013, impulsionado pela expansão da agropecuária, especialmente o cultivo da soja e da pecuária (Basson, 2024). Nesse período, para a autora, houve avanço sobre os biomas Cerrado e Amazônia com essas atividades na região.

Apesar de gerar crescimento econômico, essas atividades na região da Amazônia Legal da MATOPIBA maranhense acentuam os conflitos socioambientais e ameaçam a sustentabilidade dos ecossistemas locais.

No ano de 2023, o desmatamento continuou se intensificando ao sul do Maranhão, no município de Balsas com 319 km², seguido de Alto Parnaíba com 255 km². Em 2013, esses municípios haviam registrado 115,4 km² e 30,23 km² de desmatamento anual, respectivamente. Além disso, os municípios de Riachão e Carolina também apresentam áreas desmatadas de aproximadamente de 100 km². Isso evidencia que o incremento anual de desmatamento tem aumentado na região e em outros municípios próximos, que mais que dobraram o incremento anual de desmatamento.

Ainda em 2023, observa-se que o município de Grajaú, que possui grandes áreas do bioma Amazônia e reservas indígenas, continua com alto incremento anual de desmatamento. Houve crescimento do desmatamento anual em outras regiões intermediárias, que passaram a registrar grandes incrementos, como por exemplo, Mirador, que pertence à região intermediária de Presidente Dutra, com expressivos 137,3 km² em 2023. Na Região dos Cocais, municípios como Codó e circunvizinhos (Coroatá, Timbiras e Vargem Grande) apresentam incrementos entre 21 e 91 km², evidenciando que o desmatamento está se intensificando no sul do Estado e avançando na direção leste, mais próximas das regiões do médio Parnaíba.

Em estudo realizado por Basson (2024), o desmatamento no Maranhão apresentou aumento ao longo dos anos. Esse crescimento do desmatamento, identificado pela autora, vem de encontro com os resultados deste estudo.

A atividade agropecuária tem influenciado a economia desta região, como pode ser observado na análise espacial do PIB *per capita* municipal. A Figura 1b mostra que os municípios com maior PIB *per capita* estão situados, em sua maioria, na Região Intermediária de Imperatriz, ao sul e sudoeste do Maranhão. Existem mais alguns municípios com alto PIB *per capita* na região do Médio Mearim. Comparando os mapas da Figura 1b entre 2013 e 2021, observou-se um leve aumento no número de municípios com PIB *per capita* mais elevado, especialmente no centro do Maranhão, na Região Intermediária de Presidente Dutra.

Observa-se que, na Figura 1b, os municípios da Região Intermediária de Imperatriz apresentaram crescimento no seu PIB *per capita*, ultrapassando o PIB de Santo Antônio dos Lopes, localizado ao centro-norte do Maranhão. Esse município é conhecido pela geração de energia e gás natural. Da região do Médio Mearim, pode-se perceber que a maior parte do PIB *per capita* provém de municípios onde a principal atividade econômica é a agricultura, que contribui para o aumento do PIB *per capita*, apesar da baixa densidade demográfica.

Resultados semelhantes foram evidenciados no estudo de Bolfe *et al.* (2016), que apontou crescimento do PIB *per capita* nos municípios maranhenses da região MATOPIBA, impulsionado pela expansão do agronegócio. Os municípios da Amazônia Legal maranhense, situados na região MATOPIBA, revelaram um panorama do PIB *per capita*, com avanços econômicos distribuídos em diferentes regiões (Barrada, 2024).

Dentro da perspectiva do contexto analisado, destaca-se a educação nos municípios estudados. A partir da análise do IDEB em 2013 e 2021, pode-se perceber que a distribuição está mais dispersa em cidades mais urbanizadas, como, por exemplo, ao redor de Imperatriz (centro-sul) e na região do Médio Mearim, conforme identificado na Figura 1c.

Na Figura 1c, ainda se observa que, em 2013, os municípios com melhores notas no IDEB eram Imperatriz, Açailândia, Itinga do Maranhão, Riachão, São João do Paraíso e Barra do Corda. Em 2021, houve melhora da nota do IDEB na região sul do Estado, como Alto Parnaíba e Tasso Fragoso. Houve melhora também da nota do IDEB na região do Médio Mearim e região dos Cocais.

Conforme Barrada (2024), os municípios com baixos índices de IDEB tendem a estar relacionados com outros indicadores baixos, como o PIB *per capita*. Essas condições, para a autora,

promovem a existência de uma fragilidade educacional regionalmente disseminada. O reflexo dessa baixa escolaridade, para Saraiva *et al.* (2023), evidencia-se na região MATOPIBA, especialmente entre o gênero masculino, e está relacionado à necessidade de ingressar precocemente no mercado de trabalho.

Além disso, os empregos formais nos municípios pesquisados concentram-se majoritariamente nos municípios da Região Intermediária de Imperatriz, que respondeu por mais da metade dos vínculos celetistas registrados na amostra. A maioria desses empregos está situada no setor de serviços (Figura 1d). Percebe-se que, de 2013 e 2022, houve um incremento no número de empregos nos municípios da Região Intermediária de Presidente Dutra e Região Imediata dos Cocais, embora o crescimento não tenha sido expressivo.

Na análise sobre a distribuição das variáveis nos municípios, observou-se que o desmatamento está concentrado em cidades que possuem PIB *per capita* alto. O IDEB mais alto é encontrado em municípios mais próximos dos centros urbanizados e mais baixa em municípios com maiores incrementos de desmatamento. O emprego formal apresenta a característica de estar concentrados em centros urbanos.

Análise da Autocorrelação Espacial Global nos municípios da Amazônia Legal maranhense na região MATOPIBA

A análise espacial dos dados de desmatamento e dos indicadores socioeconômicos selecionados dos 99 municípios que pertencem à Amazônia legal na MATOPIBA. Os dados das variáveis de pesquisa são atributos do *shapefile* dos municípios no QGIS, que serão utilizados no *GeoDa*. Os cálculos da Estatística I de Moran foram realizados utilizando uma matriz de pesos do tipo rainha, e os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Índice de Moran I Global para as variáveis selecionadas dos municípios da Amazônia Legal Maranhense na região MATOPIBA.

Variável	Estatística I de Moran	p-valor ^a
DESM13	0,294	0,001
DESM23	0,428	0,001
PIBPC13	0,133	0,001
PIBPC21	0,237	0,001
IDEB13	0,170	0,001
IDEB21	-0,024	0,001
TRAB13	-0,045	0,001

TRAB22	-0,035	0,001
--------	--------	-------

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa. (a) Por padrão o GeoDa baseia seu teste de significância em 999 permutações aleatórias (Anselin, 2024).

Observa-se que os valores da estatística I de Moran para as variáveis DESM13, DESM23, PIBPC13, PIBPC21 e IDEB13 se mostraram positivas e estatisticamente significativas, indicando que possuem correlação espacial. As variáveis IDEB21, TRAB13 e TRAB22 apresentaram valores negativos e próximos de 0, o que significa que não possuem autocorrelação espacial.

Em relação às variáveis que apresentaram resultados positivos, ou seja, que valores maiores que 0, rejeitar a hipótese nula de distribuição espacial aleatória para essas variáveis. Além disso, de acordo com o I de Moran para o desmatamento, houve um aumento do índice de 0,294 em 2013 para 0,428 em 2023, o que mostra um aumento na dependência espacial entre os municípios selecionados.

Em relação ao PIB *per capita*, ocorreu um aumento da dependência espacial, que passou de 0,133 em 2013 para 0,237 em 2021. Isso significa que municípios com altos valores nessa variável tendem a influenciar os municípios mais próximos de um período para o outro. Com o IDEB, ocorreu o oposto; houve uma diminuição da dependência espacial, de 0,170 em 2013 para 0,024 em 2021.

Uma pesquisa realizada por Lima e Lima (2016) analisou a distribuição espacial do PIB *per capita* nas microrregiões brasileiras entre 1970 e 2012. Os autores identificaram que, ao longo desse intervalo temporal, a maioria das regiões manteve sua posição relativa, o que evidencia uma persistência na distribuição espacial da riqueza.

No Maranhão, várias microrregiões apresentaram, ao longo de décadas, um desenvolvimento tímido, delineando um cenário de baixo dinamismo e restrita mobilidade econômica regional (Lima; Lima, 2016). A dependência espacial observada entre 2013 e 2021, portanto, não sinalizou inflexão nesse padrão histórico, sugerindo que os efeitos positivos de vizinhança não se manifestaram com intensidade, mesmo com os avanços de setores como o agronegócio na região Amazônia Legal da MATOPIBA maranhense.

Segundo Lima e Lima (2016), essas regiões demonstraram uma ausência de efeitos de transbordamento positivos oriundos de economias mais dinâmicas, o que reforça a importância de políticas públicas direcionadas à superação dessas desigualdades históricas.

Nesse contexto de desenvolvimento, em seu estudo, Nunes *et al.* (2023) analisaram a evolução do agronegócio nos municípios da região MATOPIBA e sua correlação com os indicadores socioeconômicos, incluindo a educação. Embora tenha havido contribuição para melhoria desses

indicadores, para os autores, os avanços observados na área educacional não foram suficientes para representar melhorias significativas.

Para detalhar os resultados do Índice de Moran Global Univariado, foram criados os Diagramas de dispersão de Moran, a fim de identificar a formação de *clusters* espaciais das variáveis. A partir da observação dos Diagramas de dispersão para as variáveis DESM13, DESM23, PIBPC13, PIBPC21 e IDEB13, confirmaram-se a autocorrelação espacial, a dependência e a distribuição dos municípios nos quadrantes Q1 e Q2.

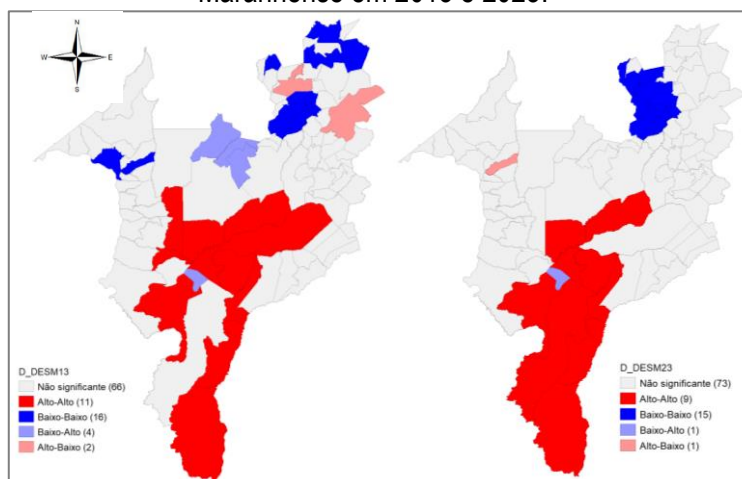
Para as variáveis TRAB13 e TRAB22, ficou evidente a ausência de autocorrelação espacial, pois, além da reta de inclinação ser negativa, os dados dos municípios tendem a se agrupar sobre os eixos e muito próximo de zero. Para a variável IDEB21, apesar de apresentar a estatística I de Moran ter sido negativa, apresentou indicação de formação de *clusters* e dispersão dos dados.

Análise do Indicador de Associação Espacial Local (LISA) nos municípios da Amazônia Legal maranhense na região MATOPIBA

Nesta análise espacial, optou-se por excluir as variáveis TRAB13 e TRAB22, uma vez que não apresentaram evidências de dependência espacial. A análise do Indicador de Associação Espacial Local (LISA), foi, portanto, realizada para as variáveis DESM13, DESM23, PIBPC13, PIBPC21, IDEB13 e IDEB21. Com base nesses dados, foram elaborados os mapas de *clusters* e os mapas de significância estatística. O mapa de *clusters* representa a combinação da informação presente no Diagrama de dispersão de Moran e do mapa de significância (LISA) (Almeida, 2012).

Na Figura 3, observa-se o mapa de *clusters* feito para o Desmatamento em 2013 (DESM13) e em 2023 (DESM23), utilizando como matriz de pesos a matriz do tipo rainha. Verifica-se a formação de *clusters* de desmatamento do tipo alto-alto no sul do Maranhão nos dois períodos estudados e *clusters* de baixo-baixo em vários pontos do Estado no ano de 2013, concentrando-se na região do Médio Mearim em 2023. O baixo desmatamento nessas regiões pode ser explicado pelo fato de ser uma região de ocupação antiga, desde o período colonial, que vem sofrendo perdas da vegetação nativa antes mesmos das novas ocupações a partir da década de 1950. Essa região está localizada próximo à BR 135, sendo que nas margens das rodovias federais (BRs) são mais propensas às ações iniciais de desmatamento desde a sua implantação (Becker, 2007).

Figura 3: Mapa de Clusters (LISAMAP) Incremento desmatamento nos municípios na Amazônia Legal Maranhense em 2013 e 2023.



Fonte: Elaborada pelos autores no *software* GeoDa a partir dos resultados da pesquisa.

A Figura 3 apresenta a análise espacial que evidenciou padrões consistentes de desmatamento do tipo alto-alto na Amazônia Legal da MATOPIBA maranhense entre 2013 e 2023. Esses padrões ganham uma nova dimensão quando confrontados com os dados do relatório do Instituto Centro de Vida, que revelam que 77% do desmatamento no estado do Maranhão é classificado como ilegal (Valdiones *et al.*, 2021). Isso indica que os clusters identificados com alta intensidade de desmatamento não apenas representam uma dinâmica territorial, mas também sugerem a ação de práticas predatórias fora dos marcos legais, agravadas pela falta de transparência nas autorizações de supressão vegetal.

No estudo de Hage *et al.* (2024), confirmam-se os resultados do estudo ao identificar, por meio da análise espacial, que o leste do Maranhão, parte da Amazônia Legal na MATOPIBA apresenta elevada associação espacial entre desmatamento e vulnerabilidade socioambiental.

Nessas regiões com maior desmatamento, tende a haver com menor desenvolvimento social, evidenciando uma sobreposição entre degradação ambiental e desigualdade social (Pereira *et al.*, 2023). Para os autores, esse cenário agrava os efeitos das mudanças climáticas sobre as populações locais, gerando perdas sociais, econômicas e ambientais.

No ano de 2013, observou-se a formação de um grande *cluster* alto-alto em incremento de desmatamento, seguido de um *cluster* alto-baixo, dois *clusters* baixo-alto e três *clusters* baixo-baixo, onde os municípios estão organizados conforme a Tabela 4.

Tabela 4: *Cluster I* de Moran Local Univariado para Incremento de Desmatamento em 2013.

Cluster	Quantidade	Municípios
Alto-alto	1 <i>cluster</i>	Alto Parnaíba, Riachão, Tasso Fragoso, Sambaíba, Mirador, São Pedro dos Crentes, São Raimundo das Mangabeiras, Sítio Novo, Fortaleza dos Nogueiras, Formosa da Serra Negra e Fernando Falcão
Alto-baixo	1 <i>cluster</i>	Bacabal e Codó
Baixo-alto	2 <i>clusters</i>	Nova Colinas; Arame, Itaipava do Grajaú e Jenipapo dos Vieiras
Baixo-baixo	3 <i>clusters</i>	Imperatriz e Senador La Roque; Bernado do Mearim ,Esperantinópolis, Igarapé Grande, Lago dos Rodrigues, Lima Campos, Peritoró, Poção de Pedras, São Luís Gonzaga do Maranhão e Trizidela do Vale; Itapecuru-Mirim, Matões do Norte, Pio XII, Pirapemas e Vargem Grande.

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa.

Os municípios que possuem altos valores de desmatamento tendem a ser rodeadas por outros municípios com altos valores de desmatamento, concentrando-se ao sul do Maranhão. De acordo com os dados de 2023, esses municípios formaram um grande *cluster*, incluindo Alto Parnaíba, Balsas, Riachão, Tasso Fragoso, Sambaíba, São Raimundo das Mangabeiras, Fortaleza dos Nogueiras, Formosa da Serra Negra e Fernando Falcão.

No ano de 2023, a formação de um grande *cluster* alto-alto em incremento de desmatamento continuou organizada da mesma forma, com a entrada de novos municípios próximos. Diante disso, comparando com a Tabela 4, mostrou-se uma diminuição no tipo dos outros clusters, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5: *Cluster I* de Moran Local Univariado para Incremento de Desmatamento em 2023.

Cluster	Quantidade	Municípios
Alto-alto	1 <i>cluster</i>	Alto Parnaíba, Balsas, Riachão, Tasso Fragoso, Sambaíba, São Raimundo das Mangabeiras, Fortaleza dos Nogueiras, Formosa da Serra Negra e Fernando Falcão
Alto-baixo	1 <i>cluster</i>	Senador La Roque
Baixo-alto	1 <i>cluster</i>	Nova Colinas
Baixo-baixo	1 <i>cluster</i>	Bacabal, Bernardo do Mearim, Bom Lugar, Esperantinópolis, Igarapé Grande, Lago do Junco, Lago Verde, Lago dos Rodrigues, Lima Campos, Olho d'Água das Cunhãs, Peritoró, Poção de pedras, São Luís Gonzaga do Maranhão, Satubinha e Trizidela do Vale.

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa.

Em 2023, houve um *cluster* de cada tipo (Tabela 5), porém aumentando a discrepância e a organização entre municípios de *clusters* alto-alto e baixo-baixo, evidenciando a tendência de aumento do desmatamento em municípios próximos que tenham maior desmatamento.

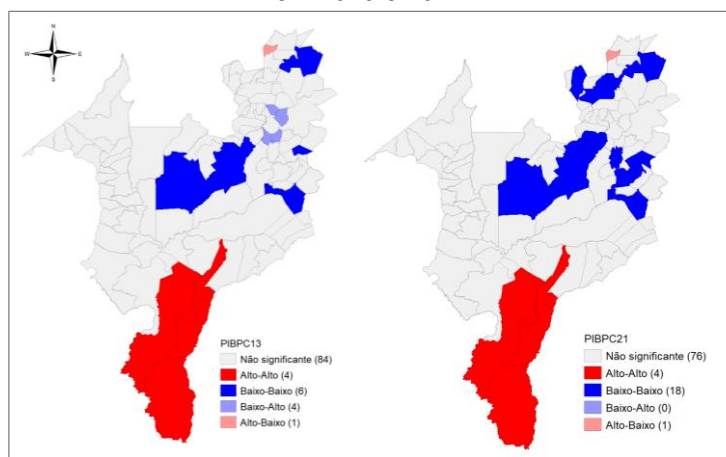
Essa análise espacial do desmatamento revela a interação entre fatores ambientais entrelaçados às dinâmicas sociais locais, sugerindo que a região da Amazônia Legal da MATOPIBA maranhense, mais afetada pelo desmatamento, tende a enfrentar maiores desafios socioeconômicos.

Diante dessa perspectiva, a desigualdade social no Maranhão, conforme o estudo de Pereira *et al.* (2023), está relacionada ao alto nível de desmatamento no estado. Os autores identificaram que o desmatamento está associado ao menor desenvolvimento social, influenciado por múltiplos fatores: renda, escolaridade, longevidade, acesso a serviços públicos, entre outras causas.

Essa relação negativa revela que a Amazônia Legal da MATOPIBA maranhense combina baixo desenvolvimento com altos índices de desmatamento. No estudo de Saraiva *et al.* (2023), evidencia-se a necessidade de medidas direcionadas para equilibrar o desenvolvimento regional e mitigar vulnerabilidades estruturais desta região.

A Figura 4 mostra o mapa de *clusters* para o PIB *per capita* nos anos de 2013 e 2021, e observa-se a formação de vários *clusters* de baixo-baixo PIB *per capita* e um *cluster* de alto-alto PIB *per capita* em 2013 e em 2021. Isso evidencia a tendência de concentração de municípios com PIB *per capita* elevado na parte sul do Maranhão e o dispersão de *clusters* de municípios com baixo PIB *per capita* no centro e ao leste do Estado.

Figura 4: Mapa de *Clusters* (LISAMAP) PIB *per capita* nos municípios na Amazônia Legal Maranhense em 2013 e 2021.



Fonte: Elaborado pelos autores no *software* GeoDa a partir dos resultados da pesquisa.

Na Figura 4, com relação ao PIB *per capita* em 2013, sendo quatro municípios no *cluster* alto-alto, que eram os mesmos localizados ao sul do Estado. Ao norte, há um *cluster* de alto-baixo que foi o mesmo de 2021. As maiores alterações foram no *cluster* de baixo-alto, que deixou de existir, e no *cluster*

baixo-baixo, que aumentou. Desta forma, com o aumento do *clusters* baixo-baixo em 2021 indica um agravamento das desigualdades econômicas. Ainda no contexto do PIB *per capita*, as Tabelas 6 e 7 apresentam os *clusters* dos municípios nos anos de 2013 e 2021, respectivamente.

Tabela 6: *Cluster* I de Moran Local Univariado para PIB *per capita* em 2013.

Cluster	Quantidade	Municípios
Alto-alto	1 <i>cluster</i>	Alto Parnaíba, Balsas, Sambaíba e Tasso Fragoso.
Alto-baixo	1 <i>cluster</i>	Miranda do Norte
Baixo-alto	1 <i>cluster</i>	Capinzal do Norte, Dom Pedro, Lima Campos. São José dos Basílios.
Baixo-baixo	3 <i>clusters</i>	Pirapemas e Vargem Grande; Barra do Corda e Grajaú; Colinas e Senador Alexandre Costa

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa.

Conforme a Tabela 6 apresenta três *clusters* do tipo baixo-baixo, cada um com dois municípios. Esses *clusters* aumentaram ao incluir mais municípios vizinhos, passando de um total de oito municípios para 18 municípios de baixo-baixo *cluster* em 2021, Tabela 7. Esses municípios estão, em sua maioria, localizados na Região Intermediária de Presidente Dutra, Região dos Cocais, Região do Médio Mearim e Região das Serras.

Tabela 7: *Cluster* I de Moran Local Univariado para PIB *per capita* em 2021.

Cluster	Quantidade	Municípios
Alto-alto	1 <i>cluster</i>	Alto Parnaíba, Balsas, Sambaíba e Tasso Fragoso.
Alto-baixo	1 <i>cluster</i>	Miranda do Norte
Baixo-alto	1 <i>cluster</i>	Capinzal do Norte, Dom Pedro, Lima Campos e São José dos Basílios.
Baixo-baixo	3 <i>clusters</i>	Pirapemas, Vargem Grande, Bacabal, Olho d'água das Cunhãs, Pio XII, São Mateus do Maranhão; Barra do Corda, Grajaú, Esperantinópolis, Joselândia, São Raimundo do Doca Bezerra e São Roberto; Colinas, Senador Alexandre Costa, Governador Eugênio Barros, Governador Luiz Rocha, Presidente Dutra e São Domingos do Maranhão.

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa.

Durante o período, ocorreu um incremento de municípios em *clusters* de baixo-baixo PIB *per capita*, os de PIB *per capita* alto-alto e o *cluster* alto-baixo permaneceram o mesmo. Isso revela uma tendência de desigualdade entre os municípios, pois os municípios com maior PIB *per capita* não conseguem influenciar os municípios próximos a possuírem um PIB alto, enquanto aqueles com PIB baixo persistem em condições que não favorecem o desenvolvimento social e econômico dos municípios.

Nesse contexto, é essencial compreender as dinâmicas econômicas desses municípios que levaram à existência de uma dependência espacial, em que municípios de baixo PIB *per capita* se conectarem a outros municípios de baixo PIB.

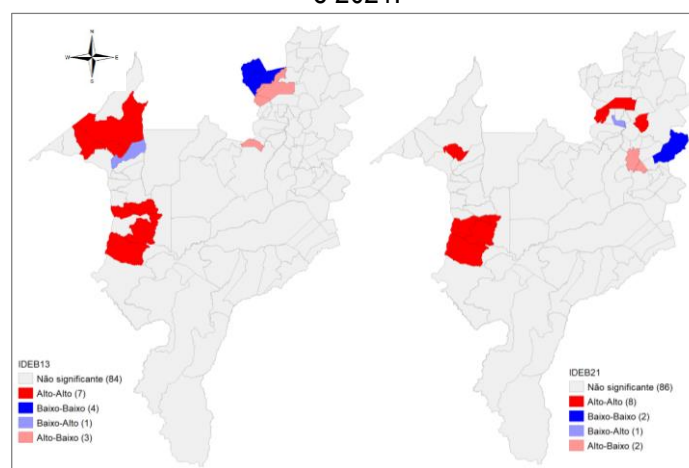
A análise espacial do PIB *per capita* na Amazônia Legal Maranhense revela concentração de riqueza no sul do estado e expansão de áreas de elevada disparidade social em outras regiões, indicando persistentes desigualdades no desenvolvimento socioeconômico entre os municípios (Souza; Lima, 2023).

O aumento de municípios com baixa performance econômica espacialmente agrupados demonstra um agravamento das assimetrias regionais, revelando que o crescimento não foi suficiente para promover homogeneidade na distribuição da renda *per capita* na Amazônia maranhense (Souza; Lima, 2023; Basson, 2024).

A configuração espacial do PIB *per capita* na Amazônia Legal evidencia padrões persistentes de desigualdade, com municípios de baixo desempenho agrupando-se regionalmente, indicando que o crescimento econômico não se difunde de maneira equitativa entre áreas vizinhas (Lobo, 2023; Basson, 2024).

Na Figura 5, o mapa dos *clusters* para o IDEB nos anos de 2013 e 2021. A formação de *clusters* do tipo alto-alto foi registrada mais ao sudoeste do Estado em 2013, e em 2021, além de *clusters* desse tipo na mesma região, houve o registro de *cluster* alto-alto na região do Médio Mearim.

Figura 5: Mapa de *Clusters* (LISAMAP) IDEB nos municípios na Amazônia Legal Maranhense em 2013 e 2021.



Fonte: Elaborada pelos autores no *software* GeoDa a partir dos resultados da pesquisa.

Em relação à quantidade de municípios em cada tipo de *cluster* em 2021, quase a mesma quantidade se manteve, com o *cluster* do tipo alto-alto aumentando de 7 para 8 e o baixo-baixo diminuindo de 4 para 2, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Cluster I de Moran Local Univariado para IDEB em 2013.

Cluster	Quantidade	Municípios
Alto-alto	2 clusters	Açailândia, Cidelândia e São Francisco do Brejão. Campestre do Maranhão, Estreito, Lajeado Novo e São João do Paraíso.
Alto-baixo.	2 clusters	Bacabal e Bom Lugar; São Raimundo do Doca Bezerra
Baixo-alto.	1 cluster	João Lisboa
Baixo-baixo.	1 cluster	Lago Verde, Olho d'água das Cunhãs, Pio XII, e Satubinha

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa.

Os clusters do tipo baixo-baixo, que em 2013 estavam na região do Médio Mearim, foram identificados em 2021 na Região dos Cocais, quase adjacente à Região do Médio Mearim. Na Tabela 9, encontra-se a distribuição dos municípios pelo IDEB em 2021.

Tabela 9: Cluster I de Moran Local Univariado para IDEB em 2021.

Cluster	Quantidade	Municípios
Alto-alto	3 clusters	Francisco do Brejão. Estreito, Porto Franco. São João do Paraíso. Capinzal do Norte, Lago do Junco, Lago dos Rodrigues e São Luiz Gonzaga do Maranhão.
Alto-baixo	1 cluster	Presidente Dutra e Graça Aranha.
Baixo alto.	1 cluster	Bernardo do Mearim.
Baixo, baixo.	1 cluster	São João do Soter e Senador Alexandre Costa.

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos resultados da pesquisa.

Os municípios com IDEB alto-alto ficam mais próximos das BRs e de cidades de ocupação mais antiga. Dessa forma, os clusters com municípios com maiores notas no IDEB tendem a se localizar em áreas com melhor infraestrutura para a circulação de pessoas.

Na Figura 5, O mapa de clusters espaciais do IDEB para os anos de 2013 e 2021 evidencia uma distribuição desigual do desempenho educacional na Amazônia Legal maranhense, com a manutenção de áreas de alto desempenho em regiões pontuais e a redução de municípios em clusters baixo-alto, sugerindo uma concentração de fragilidades educacionais em determinadas localidades.

Esses resultados, entre os municípios da Amazônia Legal situados na região MATOPIBA maranhense, a análise espacial do IDEB expõe desigualdades regionais persistentes, com concentração dos melhores desempenhos educacionais próximos a eixos viários e áreas de ocupação consolidada (Barrada, 2024). Essa configuração espacial evidencia que os avanços educacionais continuam restritos aos municípios com melhor infraestrutura, conectividade regional e dinâmicas socioeconômicas mais desenvolvidas.

Contudo, Barrada (2024) destaca que o desempenho educacional, mensurado pelo IDEB, não está dissociado das condições territoriais e socioeconômicas dos municípios. A autora demonstra que

áreas com histórico de urbanização mais estruturada e maior densidade de serviços públicos tendem a apresentar IDEBs mais elevados. Em contraste, municípios com disparidades nas dimensões sociais e econômicas permanecem com desempenho educacional abaixo dos municípios de referência da região da Amazônia Legal da MATOPIBA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa analisou os impactos socioeconômicos do desmatamento na Amazônia Legal Maranhense, especialmente na região MATOPIBA, utilizando a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para identificar dependências espaciais, bem como padrões de formação de *clusters* por regiões.

Na distribuição espacial do PIB *per capita* e do IDEB, a Região Intermediária de Imperatriz possui a maior quantidade de municípios com o maior PIB *per capita* entre os municípios selecionados. No entanto, os municípios com as melhores notas do IDEB encontram-se na região do Médio Mearim. Em relação aos empregos formais, a distribuição espacial mostrou que maioria dos empregos formais registrados estão localizados nos municípios de Imperatriz, Balsas e Açailândia; que juntos possuem mais da metade dos empregos formais entre todos os municípios pesquisados.

A aplicação da Estatística I de Moran evidenciou a dependência espacial para as variáveis relacionadas ao desmatamento e PIB *per capita* nos dois períodos analisados, assim como para a variável IDEB do ano de 2013. Observou-se a ausência de dependência espacial para a variável emprego formal nos dois períodos analisados.

O cálculo do Indicador de Associação Espacial Local (LISA) identificou a formação de *clusters* de incremento de desmatamento nos dois anos analisados, havendo um grande *cluster* do tipo alto-alto localizado ao centro-sul do Estado. Os *clusters* de desmatamento do tipo baixo-baixo estão relacionados a áreas já urbanizadas ou de ocupação anteriores a década de 1950. Isso sugere que, por terem sido modificadas no passado, essas regiões apresentam atualmente baixos índices de desmatamento. Sendo coerente com a ideia de que a degradação atual sobre a vegetação nativa é menor nesses locais.

Além disso, através da análise do mapa de *cluster* PIB *per capita*, observou-se que os municípios com alto desmatamento são quase os mesmos que apresentam os maiores PIB *per capita*, e que nas áreas com formações de *clusters* de baixo PIB, pode haver baixo desmatamento. Ou seja, nesses municípios, a produção econômica está intimamente ligada ao desmatamento.

Em relação ao IDEB, mostrou-se pouca formação de *clusters*, e os *clusters* do tipo alto-alto que se formaram estavam ligados mais a áreas próximas a rodovias federais e áreas urbanizadas. Porém, não foi possível identificar qualquer relação direta entre IDEB e desmatamento.

Para o meio acadêmico, o estudo contribuiu para a compreensão das dinâmicas espaciais do desmatamento e seus impactos socioeconômicos na região da Amazônia Legal situada na MATOPIBA maranhense, consolidando-se como uma fonte de pesquisa para os interessados pelo assunto. A distribuição espacial de indicadores como o desmatamento, PIB *per capita* e IDEB revela um cenário em que as desigualdades sociais tendem a se acentuar, contribuindo para a fragilidade das dimensões sociais dessa região, mas se configura como um aporte teórico e metodológico para a compreensão das dinâmicas socioespaciais.

Para os gestores públicos, os resultados revelam que os municípios com maiores incrementos de desmatamento estão frequentemente associados a maiores PIBs *per capita*, mas também a baixos índices educacionais e de emprego formal. Isso indica que o crescimento econômico baseado na degradação ambiental não se converte, necessariamente, em desenvolvimento socioeconômico para a população.

Nesse sentido, a principal contribuição do estudo para os gestores públicos é a constatação de que a distribuição espacial do desmatamento com a finalidade do agronegócio não tem contribuído para o desenvolvimento socioeconômico na região da Amazônia Legal na MATOPIBA maranhense, considerando as particularidades territoriais e sociais dos municípios dessa região.

Essa análise permite que os gestores compreendam as dependências espaciais existentes, identifiquem prioridades para esses municípios e reconheçam que o desmatamento não tem promovido ações coordenadas entre municípios vizinhos que sejam capazes de mitigar as disparidades socioeconômicas locais.

Esta pesquisa possui limitações em relação à obtenção de indicadores municipais atualizados para uma melhor análise socioeconômica. Em relação à análise de dados, a variável emprego formal, após a realização da distribuição espacial, mostrou-se não confiável para análise espacial, o que foi confirmado na aplicação da Estatística I de Moran. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) de 2021 foi influenciado pela pandemia de COVID-19, afetando a avaliação do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e outros dados escolares. O mesmo impacto foi observado nos dados do PIB *per capita*, destacando a necessidade de considerar o contexto pandêmico nas análises.

Diante das limitações identificadas, sugere-se que futuras pesquisas priorizem a seleção de anos para os quais haja disponibilidade de todos os dados no mesmo período, de modo a evitar distorções decorrentes da utilização de informações provenientes de diferentes intervalos temporais. Outro estudo, recomenda-se que futuros estudos ampliem o conjunto de variáveis analisadas, a fim de aprofundar a compreensão das dinâmicas espaciais e socioeconômicas envolvidas, possibilitando uma análise mais abrangente e robusta dos fatores que influenciam o fenômeno em questão.

Por fim, é pertinente que futuras pesquisas apliquem variáveis ao recorte da Amazônia Legal na MATOPIBA maranhense, promovendo comparações com outras regiões do estado do Maranhão, a fim de identificar padrões de distribuição espacial do desmatamento e dos indicadores socioeconômicos. A abordagem da pesquisa poderá contribuir para uma compreensão mais aprofundada das desigualdades territoriais e das inter-relações entre desmatamento e desenvolvimento regional.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas–SP. Alínea, 2012.
- ANSELIN, L. **An introduction to spatial data science with GeoDa**: Volume 1: Exploring Spatial Data. CRC Press, 2024.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association-LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>>. Acesso em: 10/jun/2025.
- BECKER, B. **Amazônia: geopolítica na virada do terceiro milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.
- BELLINGIERI, J. C. Teorias do desenvolvimento regional e local: uma revisão bibliográfica. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 37, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/4678>>. Acesso em: 10/jun/2025.
- BARRADA, D. B. **Análise espacial da Amazônia Legal maranhense na região de influência da Matopiba: desmatamento e indicadores socioeconômicos nos anos de 2013 e 2023**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioeconômico). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico pela Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024. Disponível em: <<http://www.tedebr.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/5547>>. Acesso em: 01/jun/2025.
- BASSON, L. O. D. **Análise espaço-temporal do desmatamento no estado do Maranhão no período 1986-2023**. 2024. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) pela Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024. Disponível em: <<https://tedebr.ufma.br/jspui/bitstream/tede/5886/2/LIDIELZEOLIVEIRADOURADOBASSON.pdf>>. Acesso em: 01/jun/2025.

BONENTE, B. I.; ALMEIDA FILHO, N. Há uma nova economia do desenvolvimento? **Revista de Economia**, v. 34, n. 1, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/re.v34i1.6729>>. Acesso em: 10/jun/2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2024.

FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, C. A.; CORDEIRO, Y. E. M. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. **Mercator (Fortaleza)**, v. 17, n. e17009, p. 1-20, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/mercator/a/vX44jWHVrCKVQXsYjZ9kk6k/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 01/jun/2025.

FONSECA, S. F.; AGUIAR, H. H. Autocorrelação espacial entre indicadores socioeconômicos nos vales do Jequitinhonha e Mucuri. **Geosp-Espaço e Tempo (Online)**, v. 23, n. 3, p. 619-639, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2019.137849>>. Acesso em: 10/jun/2025.

HADDAD, E. A.; HADDAD, P. R.; VALE, V. A. **Desenvolvimento territorial no Maranhão: um diagnóstico espacial**. The World Bank report, 2017. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/9b9tX>>. Acesso em: 13/jun/2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Amazônia Legal**. 2022a. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/j1EY0>>. Acesso em: 06/jun/2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Censo Demográfico 2022**. 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/primeiros-resultados-populacao-e-domicilios>>. Acesso em: 07/jun/2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Divisão regional do Brasil**. 2024. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html>>. Acesso em: 06/jun/2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Malhas territoriais**. 2022b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 06/jun/2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **MATOPIBA**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/34329-matopiba.html?edicao=34333&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 06/jun/2024.

IMAZON. **As Florestas do Brasil**. 2022. Disponível em: <<https://amazon.org.br/publicacoes/as-florestas-do-brasil-1985-2022/>>. Acesso em: 07/jun/2024.

IMESC - INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Produto Interno Bruto dos municípios**. Disponível em: <<https://dataimesc.imesc.ma.gov.br/series/262/show>>. Acesso: 01/09/2024.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Nota técnica IDEB**. 2024. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/educacao_basica/portal_ideb/o_que_e_o_ideb/Nota_Tecnica_n1_concepcaoIDEB.pdf>. Acesso em: 01/set/2024.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Amazônia**. 2024a. Disponível em: <<https://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/amazon/increments>>. Acesso em: 07/jun/2024.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Cerrado**. 2024b. Disponível em: <<https://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/cerrado/increments>>. Acesso em: 07/jun/2024.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Portal Terrabilis**. 2024c. Disponível em: <<https://terrabilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation>>. Acesso em: 07/jun/2024.



LIMA, R. C. A.; LIMA, J. P. R.. Distribuição do PIB *per capita* nas microrregiões brasileiras: uma análise exploratória espacial. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 47, 2016. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/604>>. Acesso em: 05/06/2025.

LOBO, A. S. Transformações socioeconômicas na região do MATOPIBA: reflexões a partir da teoria da base de exportação. In: MONTEIRO NETO, A.; COLOMBO, L. A.; ROCHA NETO, J. M. (Org.). **Desenvolvimento regional no Brasil: políticas, estratégias e perspectivas**. 1 ed., Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2023. v. 1, cap. 9, p. 303-331. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.38116/9786556350516cap9>>. Acesso em: 10/jun/2025.

KAMPEL, S. A.; CÂMARA, G.; QUINTANILHA, J. A. Análise exploratória das relações espaciais do desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira. In: **Anais Gisbrasil**, Salvador, Brasil, 2000. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/silvana_gisbrasil2000.pdf>. Acesso em: 07/jun/2024.

MAPBIOMAS. **Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra bioma Amazônia: 1985-2024**. Coleção 10, 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/09/Factsheet-Amazonia_C10_16.09-1.pdf>. Acesso em: 27/mar/2026.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023 - RAD 2023** - São Paulo, Brasil - MapBiomass, 2024. 154 páginas. Disponível em: <<http://alerta.mapbiomas.org>>. Acesso em: 29/mar/2024.

MIRANDA, E.; MAGALHÃES, L.; CARVALHO, C. A. **Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA**. Nota Técnica. Campinas - SP: GITE/EMBRAPA, n. 1, p. 1-18, 2014. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf>. Acesso em: 01/set/2024.

MTE/RAIS - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO/RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS. **Bases Estatísticas RAIS e CAGED**. 2024. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php>. Acesso em: 06/jun/2024.

NUNES, A. P.; CAMPELO FILHO, E. G.; BENINI, E. G. A produção da soja e sua influência nas variáveis socioeconômicas da região do MATOPIBA. **Gestão & Regionalidade**, v. 39, p. 1-19, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.13037/gr.vol39.e20237693>>. Acesso em: 05/06/2025. p. 179-197.

PEREIRA, A. F. C.; PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, M. H. P.; DUARTE, F. R.; OLIVEIRA, A. D. Explorando a relação entre fatores causadores de mudanças climáticas e nível de desenvolvimento humano nos estados brasileiros. In: PACHECO, C. S. G. R. (Org.). **Mudanças climáticas e seus impactos socioambientais concepções, fundamentos, teorias e práticas mitigadoras**. Guarujá: Científica Digital, p. 179-197, 2023. Disponível em: <<http://doi.org/10.37885/230613461>>. Acesso em: 08/jun/2025.

QEDU. **Maranhão Ideb**. 2024. Disponível em: <<https://qedu.org.br/uf/21-maranhao/ideb>>. Acesso em: 20/06/2024.

ROSSONI, R. A.; MORAES, M. L. Agropecuária e desmatamento na Amazônia Legal Brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017. **Geografia em Questão**, v. 13, n. 3, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.48075/geoq.v13i3.23536>>. Acesso em: 10/jun/2025.

SARAIVA, A. F. S.; OLIVEIRA, N. M.; LOPES, W. S.; RODRIGUES, W. Análise espacial da desigualdade de gênero no mercado de trabalho na região Matopiba, Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 41, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v41.a2023.e65651>>. Acesso em: 10/jun/2025.

SILVA, I. A. C.; MARCELINO, G. C.; PARRÉ, J. L. **Determinantes do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal Brasileira: uma análise econométrica espacial**. 2020. In: Anais ANPEC Sul. Disponível em: <https://www.anpec.org.br/sul/2020/submissao/files_l/14-64f2c0a5712bd8ff7915571451c3dbc5.pdf>. Acesso em: 01/09/2024.

SOUZA, H. G.; TABOSA, F. J. S. Análise espacial do desempenho escolar da educação básica dos municípios do estado do Ceará. **Economia do Ceará em Debate**, p. 120, 2016. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/wp->

content/uploads/sites/45/2018/11/ENCONTRO_ECONOMIA_CEARA_EM_DEBATE_2016.pdf#page=121>. Acesso em: 10/jun/2025.

VALDIONES, A. P.; BERNASCONI, P.; SILGUEIRO, V.; GUIDOTTI, V.; MIRANDA, F.; COSTA, J.; RAJÃO, R.; MANZOLLI, B. **Illegal deforestation and conversion in the Amazon and Matopiba: lack of transparency and access to information**. Cuiabá: Instituto Centro de Vida, 2021. Disponível em: <<https://encr.pw/ghNcV>>. Acesso em: 08/jun/2025.

VIEIRA, M.; MENDONÇA, Y. C. M. Desmatamento da Mata Atlântica paranaense: análise espacial para o período 2014 e 2019. **Revista Catarinense de Economia**, v. 5, n. 1, p. 46-57, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.54805/RCE.2527-1180.v5.n1.106>>. Acesso em: 10/jun/2025.

VIEIRA, M.; TODESCHINI, C.; PARRÉ, J. L.; BAGGI, B. S. Análise econométrica-espacial do IDHM do estado do Maranhão. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 7, n. 2, p. 90-108. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.48075/gdemrevista.v8i2.27240>>. Acesso em: 10/jun/2025.