

Expansão da soja no Arco Norte: uma análise de correlação de indicadores socioeconômicos e produtivos

Soybean expansion in the Arco Norte: a correlation analysis of socioeconomic and productive indicators

Expansión de la soja en Arco Norte: un análisis de correlación de indicadores socioeconómicos y productivos

Emmily Eduarda Santos da Silva  

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Limeira (SP), Brasil
e236234@dac.unicamp.br

Matheus Melo de Souza  

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas (SP), Brasil
matheusmelodesouza@gmail.com

Andréa Leda Ramos de Oliveira  

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas (SP), Brasil
aleda@unicamp.br

Resumo

Entre 2006 e 2017, a área plantada com soja no Brasil cresceu 68%, contribuindo para o bom desempenho do PIB do Agronegócio, que aumentou 135% no mesmo período. Essa expansão, concentrada na região Centro-Norte, enfrenta desafios como a infraestrutura de transporte e obstáculos logísticos. Os portos do Arco Norte se apresentam como uma alternativa estratégica para o escoamento da produção, proporcionando menor congestionamento e maior proximidade com o mercado asiático. No entanto, a expansão do cultivo da soja levanta preocupações relacionadas ao desmatamento e à conservação ambiental, principalmente em áreas de floresta tropical. A pesquisa indica que, embora tenha impulsionado o PIB agropecuário e a renda das propriedades agrícolas, a riqueza gerada não é distribuída equitativamente, agravando a desigualdade social em municípios com grandes áreas de cultivo. A análise utilizou dados dos censos agropecuários e indicadores econômicos e sociais, aplicando técnicas de autocorrelação espacial para avaliar se há uma relação entre a expansão agrícola e o desenvolvimento socioeconômico. Apesar de a expansão da soja ter o potencial de promover o desenvolvimento econômico,



ela também intensifica a desigualdade e gera impactos ambientais, reforçando a necessidade de políticas públicas que garantam um crescimento sustentável e justo.

Palavras-chave: Expansão agrícola. Grãos. Desigualdade. Desenvolvimento.

Abstract

Between 2006 and 2017, the area planted with soybeans in Brazil increased by 68%, contributing to the performance of the agribusiness GDP, which has increased by 135% in the same period. This expansion, concentrated in the Central-North region, faces challenges such as transportation infrastructure and logistical obstacles. The ports of Arco Norte are presented as a strategic alternative for the production route, providing less congestion and proximity to the Asian market. However, the expansion of soybean cultivation raises concerns related to deforestation and environmental conservation, mainly in tropical forest areas. This research indicates that, since agricultural GDP has been boosted and agricultural properties are rented, the wealth generated is not distributed equitably, aggravating social inequality in municipalities with large agricultural areas. The analysis used two agricultural censuses and economic and social indicators, applying spatial autocorrelation techniques to assess a relationship between agricultural expansion and socioeconomic development. Despite the expansion of soybeans with the potential to promote economic development, it also intensifies inequality and generates environmental impacts, reinforcing the need for public policies that guarantee sustainable and fair growth.

Keywords: Agricultural expansion. Grains. Inequality. Development.

Resumen

Entre 2006 y 2017, un área plantada con soja en Brasil creció un 68% o que contribuyó al buen crecimiento del PIB agronegocio, que tuvo un aumento de 135% en este mismo período. Esta expansión, concentrada en la región Centro-Norte, enfrenta desafíos como infraestructura de transporte y obstáculos logísticos. Los puertos de Arco Norte se presentan como una alternativa estratégica para el aislamiento de la producción, proporcionando menor congestión y proximidad con el mercado asiático. Sin embargo, la expansión del cultivo de soja genera preocupaciones relacionadas con el desmatamiento y la conservación ambiental, principalmente en áreas de florestas tropicales. Essa pesquisa indica que, embora tenha impulsionado o PIB agropecuário e a renda das propriedades agrícolas, a riqueza gerada não é distribuída equitativa, agravando uma desigualdade social em municípios com grandes áreas de cultivo. A análise utilizou dados dos censos agropecuários e indicadores econômicos y sociales, aplicando técnicas de autocorrelação espacial para evaluar se há uma relação entre expansão agrícola y desarrollo socioeconómico. Aunque la expansión de la soja es un potencial para promover el desarrollo económico, también intensifica la desigualdad y genera impactos ambientales, reforzando la necesidad de políticas públicas que garantizan un crecimiento sostenible y justo.

Palabras-clave: Expansión agrícola. Cereales. Desigualdad. Desarrollo.

Introdução

Durante a última década, a área destinada ao cultivo de soja no Brasil cresceu de forma expressiva, passando de 23 para 39 milhões de hectares em 2020, um aumento de 68% (IBGE, 2023). Esse incremento na produção da oleaginosa foi acompanhado pelo Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio, que teve um aumento de 135% no mesmo

período, passando de R\$ 833 milhões em 2010 para R\$ 1,9 bilhão em 2020 (CEPEA, 2023). Esse cenário evidencia a relevância econômica, bem como o potencial de promover o desenvolvimento do Brasil.

Em função da competitividade no mercado internacional, do aumento da demanda mundial por alimentos e das mudanças nos padrões de consumo, a expansão da fronteira agrícola ocorre rapidamente em direção ao Centro-Norte do país (Filassi; Oliveira, 2022; Bicudo da Silva *et al.*, 2020; Nascimento *et al.*, 2019). Essa expansão foi impulsionada pelos interesses de diferentes agentes econômicos do setor agroindustrial e mediada pela dinâmica da infraestrutura de transporte, sobretudo na região Norte (Alves Junior *et al.*, 2018; Frey *et al.*, 2018).

Uma das possíveis soluções para o escoamento da soja dessas regiões é por meio de rotas logísticas pelo Arco Norte, uma área estratégica localizada acima do Paralelo 16°, responsável pelo escoamento de cargas e insumos pelos portos do Norte do país. Essas rotas partem de Porto Velho (RO) e passam pelos estados do Amazonas, Amapá e Pará, até o sistema portuário de São Luís (MA) e Aratu (BA) (Rodrigues, 2021; Macedo; Gomes Júnior, 2019; Brasil, 2016). Essa região concentra grande parte da produção nacional de soja em duas grandes fronteiras agrícolas, o estado do Mato Grosso e a região do Matopiba, um acrônimo formado pelas iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Batista *et al.*, 2023).

Os portos do Arco Norte são considerados uma alternativa aos escoamentos pelos portos do Sul e Sudeste, pois a região não sofre congestionamentos, está mais próxima do mercado asiático pelo Canal do Panamá e navios de maior capacidade podem atracar. Essas características contribuem para o seu maior potencial de redução das emissões de CO₂ (Branco *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2020). Entretanto, o potencial de expansão de terras agrícolas para áreas florestadas suscita debates sobre a melhor forma de manejar compensações entre o aumento da produção de alimentos e a conservação da floresta tropical, com sua biodiversidade e ecossistemas, bem como a promoção da redução das desigualdades sociais (Souza *et al.*, 2024; Nepstad *et al.*, 2019; West *et al.*, 2010).

Em 2000, o Arco Norte contava com 7,6 milhões de hectares de área plantada de soja no Mato Grosso e Matopiba. Já em 2002, esse valor era de 13,2 milhões de hectares, um aumento de 73%. Em 2006, 22 municípios possuíam mais de 100 mil

hectares, enquanto em 2017 esse número aumentou para 42. O valor da produção de soja também aumentou substancialmente, passando de R\$ 5,9 bilhões em 2006 para R\$ 39 bilhões em 2017, um aumento de 561% (IBGE, 2023). Esses fatos demonstram a crescente expansão da soja na região e reforçam o interesse em avaliar a evolução de aspectos socioambientais e a possível relação com o desenvolvimento regional.

Nessa região, é possível que a soja funcione como um motor para o desenvolvimento, especialmente por estar localizada em fronteiras agrícolas que têm capacidade logística mínima para sediar uma cultura voltada para a exportação como a soja. Porém, sempre há uma forte dependência da demanda internacional por soja e da taxa de câmbio entre a moeda brasileira e outras moedas. Isso faz com que a economia dos municípios da soja varie dependendo das forças de mercado que estão além do controle deles (Martinelli *et al.*, 2017).

Somado a isso, tem-se o fato de que a expansão agrícola para regiões ao norte vem sendo definida como uma direcionadora de mudanças ambientais e desmatamento (Martinelli *et al.*, 2017; Laurance *et al.*, 2014). É possível observar grandes transformações de paisagem em áreas de expansão da soja, o que leva à fragmentação da vegetação natural e à perda de habitat, afetando diretamente a biodiversidade local (Oliveira *et al.*, 2017).

No Brasil, a infraestrutura de transporte atual e os projetos em andamento foram planejados com base em uma análise econômico-financeira, considerando a demanda por transporte de cargas, com destaque para a oferta de produtos agroindustriais (PNLT, 2011). Isso vai ao encontro das agroestratégias (Almeida, 2011), compostas por narrativas que enfatizam a modernização como um elo fundamental para o desenvolvimento, com base em investimentos públicos em infraestrutura (Sauer, 2018).

Com os resultados crescentes do agronegócio na balança econômica brasileira, a expansão agrícola tem promovido grandes êxodos demográficos para municípios produtores de grãos. Esse fato contribui diretamente para alterações nas economias regionais e na oferta de serviços (Garrett; Rausch, 2016). Assim, é importante avaliar as relações entre a expansão agrícola nas regiões ao norte sob a perspectiva da desigualdade social e questões socioeconômicas.

Diante disso, o objetivo da pesquisa é avaliar se a expansão da soja na região do Arco Norte promove o desenvolvimento regional. Para tanto, serão avaliados os

principais índices de produtividade agropecuária, além de aspectos econômicos e sua correlação com aspectos sociais.

Revisão de Literatura

No contexto do aumento da agricultura voltada para exportação no Brasil, a produção de soja se destacou como a cultura de crescimento mais rápido. Entre 1970 e 2010, os rendimentos da soja dobraram e a área plantada aumentou em 22 milhões de hectares, resultando em um aumento de dez vezes na produção (Garret; Rausch, 2016). Esse crescimento foi impulsionado por investimentos governamentais em pesquisa e desenvolvimento agrícola (Garret; Rausch, 2016). Segundo Martinelli *et al.* (2017), a soja emergiu como um impulsor de desenvolvimento, especialmente nas fronteiras agrícolas com capacidade logística mínima para culturas voltadas para exportação, como a soja.

Entretanto, a expansão da soja, especialmente na região do Matopiba, composta principalmente por áreas de Cerrado nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, tem gerado intensos debates devido aos seus impactos socioeconômicos e ambientais negativos. Questões como a concentração fundiária e os desafios climáticos são centrais nesse debate (Rosanova *et al.*, 2022).

Na Amazônia, estudos indicam que a produção de soja não está associada ao aumento da pobreza e pode contribuir para ganhos de renda (Weinhold *et al.*, 2012). No entanto, a concentração de terras produtivas continua sendo um fator significativo na geração de conflitos agrários e representa um problema estrutural do modelo de agronegócio adotado no Brasil (Rosanova *et al.*, 2022).

A expansão atual da soja na Amazônia e no Cerrado é impulsionada por interesses econômicos diversos, incentivos governamentais e é influenciada pela infraestrutura de transporte, concentrando-se em regiões com maior desenvolvimento tecnológico e infraestrutural, como o Matopiba e Mato Grosso na região Centro-Oeste (Frey *et al.*, 2018).

Em parte devido à história da colonização e em parte pelas condições geográficas, infraestrutura e características ambientais, o Brasil formou regiões específicas de expansão agrícola, com propriedades de diversos portes. As grandes

fazendas, em especial, estão associadas ao Arco Norte, destacando-se Mato Grosso e a região do Matopiba (Bicudo da Silva *et al.*, 2020; Sauer, 2018).

Desse modo, o desenvolvimento regional é crucial para compreender os impactos sociais e econômicos dessa expansão, incluindo a mobilidade de capital, trabalho e inovações. Compreender esses aspectos é fundamental para subsidiar políticas públicas que possam reduzir as desigualdades regionais e promover um desenvolvimento mais equitativo (Rosanova *et al.*, 2022).

Os impactos dessa expansão podem ser analisados em diferentes escalas, considerando variáveis como segurança alimentar, bem-estar das famílias e condições macroeconômicas. Municípios com plantações de soja apresentam um aumento na desigualdade de renda, especialmente nas fronteiras agrícolas (Martinelli *et al.*, 2017; Garret; Rausch, 2016). Portanto, é possível inferir que a produção agrícola dinamiza as economias locais. No entanto, as evidências sobre seus efeitos em outras dimensões do desenvolvimento ainda são nebulosas, questionando seu impacto no bem-estar populacional (Andrade Neto *et al.*, 2024).

Nesse cenário, diversos estudos associam atividades agrícolas com o desenvolvimento. Ligon e Sadoulet (2018), que analisaram 62 países no período de 1978 a 2011, concluíram que a renda da agricultura influencia de maneiras diferentes a economia de cada país, sendo proporcionalmente mais benéfica para os mais pobres. Garret e Rausch (2016), ao avaliar atividades agrícolas prevalentes no Brasil, como soja, cana-de-açúcar, gado e municípios não agrícolas, apontaram que os indicadores socioeconômicos eram melhores ou iguais em municípios de soja quando comparados a municípios dominados pela cana-de-açúcar, e ambos foram melhores do que os municípios de gado e não agrícolas.

Todavia, quanto à importância da agricultura no bem-estar da população, os trabalhos são mais escassos e ambíguos (Andrade Neto *et al.*, 2024; Martinelli *et al.*, 2017). Em resumo, no caso da relação entre a agricultura e o bem-estar, existe uma tendência de impactos positivos, especialmente a partir de aspectos macroeconômicos, como modernização da agricultura e impacto no PIB (Lopes *et al.*, 2021).

Materiais e métodos

Para verificar se o avanço da fronteira agrícola promove a redução da desigualdade social entre as duas fronteiras agrícolas do Arco Norte, foram escolhidos métodos de correção espacial e correlação não paramétrica pela natureza dos dados. Esses métodos incluem os índices de Moran I Global, *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) e Correlação de Spearman.

Análise de correlação espacial

O Índice de Moran I Global e o LISA avaliam a autocorrelação espacial, mensurando a relação entre observações geograficamente próximas. Esses métodos partem do pressuposto de que unidades espaciais vizinhas tendem a apresentar valores semelhantes (Moran, 1948; Anselin, 1995).

O Índice de Moran I Global verifica se áreas vizinhas exibem maior similaridade em relação ao indicador analisado do que o esperado ao acaso. Para isso, emprega uma matriz de pesos espaciais, que define os critérios para a seleção do número de parceiros incluídos no cálculo. Esse índice mensura a autocorrelação espacial considerando apenas o primeiro nível de vizinhança e pode ser calculado pela fórmula (Equação 1) de Moran (1948):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \underline{x})}{\sigma^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})^2, \quad (2)$$

Em que, n é o número total de municípios avaliados; x_i e x_j são o valor da variável escolhida nos locais, i e j respectivamente; \underline{x} é o valor médio do atributo desejado; w_{ij} é a matriz de peso espacial e σ é o desvio padrão.

O índice local de Moran I mede o valor do grau de coordenação de acoplamento em cada espaço local da área de estudo, analisando a correlação espacial entre uma

região e suas vizinhas. Esse índice identifica padrões espaciais, agrupando valores semelhantes em *clusters* e classificando os valores discrepantes (*outliers*). O LISA também avalia a relação espacial entre duas variáveis, sendo chamado de Índice Local de Moran Bivariado. Sua mensuração pode ser realizada por meio da Equação 3 (Anselin, 1995).

$$I_L = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sigma^2} \quad (3)$$

Análise de correlação de Spearman

O coeficiente de correlação de Spearman r_s é uma métrica estatística de classificação não paramétrica. Em princípio, o coeficiente de correlação de Spearman é um caso especial do coeficiente de Pearson, em que as amostras são convertidas antes da realização dos cálculos do coeficiente de correlação (Xiao *et al.*, 2016). A expressão simples para r_s , referente à diferença entre as duas variáveis classificadas, é apresentada na Equação 4.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{N(N^2 - 1)} \quad (4)$$

Em que $d_i = X'_i - Y'_i$ é a diferença entre cada par de variáveis classificadas e N é o número total de amostras. É uma medida de associação monotônica que pode ser aplicada sem pressupor uma distribuição específica dos dados. Além de ser um teste não paramétrico, sua principal vantagem reside na facilidade de uso, pois dispensa a necessidade de classificar previamente os dados em ordem crescente ou decrescente (Xiao *et al.*, 2016).

Descrição das variáveis

Os dados utilizados nesta pesquisa foram retirados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, bem como da Pesquisa Agrícola Municipal e Produto Interno Bruto dos Municípios. Foram selecionadas 14 variáveis, divididas entre Grupo 1 - (a) PIB do Agronegócio, (b) área plantada, (c) área colhida, (d) produção, (e) rendimento médio da produção, (f) área das propriedades agrícolas, (g) quantidade de maquinários, valor da produção (h), (i) área irrigada, (j) capacidade de armazenagem; e Grupo 2 - (k) Índice de Gini, (l) renda do estabelecimento, (m) nível de escolaridade e (n) atendimento de água, com os dados de municípios pertencentes ao Arco Norte, no Matopiba e Mato Grosso (Tabela 1). Além disso, os municípios foram divididos em produtores e não produtores de soja (Castro; Lima, 2016), sendo 300 hectares o valor considerado por ser este correspondente ao 25 percentil da área plantada (Martinelli *et al.*, 2017; IBGE, 2024a, 2024b, 2024c).

Tabela 1: Expansão da área plantada no Mato Grosso e Matopiba

Grupo	Variável	Unidade
1	PIB do Agronegócio	Milhões de Reais
	Área plantada	Milhões de hectares
	Área colhida	Milhões de hectares
	Produção	Milhões de toneladas
	Rendimento médio	Toneladas por hectare
	Área das propriedades	Hectares
	Quantidade de maquinários	Unidades
	Valor da produção	Milhões de Reais
	Área irrigada	Hectares
	Capacidade de Armazenagem	Milhões de toneladas
2	Coefficiente de Gini	-
	Renda do estabelecimento	Milhões de Reais
	Nível de Escolaridade	Quantidade por nível
	Atendimento de água	-

Fonte: IBGE (2006, 2017).

Resultados e discussões

Ao comparar as variáveis por meio do Índice Global de Moran, observaram-se diferentes comportamentos no Mato Grosso e no Matopiba. Apenas as variáveis área das propriedades agrícolas, área plantada, coeficiente de Gini e capacidade de armazenagem foram significativas (p-valor < 0,01). No Mato Grosso, com exceção da

capacidade de armazenagem, todas as outras variáveis avaliadas por ano e por município produtor ou não produtor de soja apresentaram significância na autocorrelação espacial (Tabela 2). No Matopiba, todas as quatro variáveis apresentaram significância (Tabela 3).

Tabela 2: Índice de Moran Global do Mato Grosso para as variáveis área das propriedades agrícolas, área plantada, coeficiente de Gini, capacidade de armazenagem e PIB Agro em 2006 e 2017

Municípios	n	Período	Variáveis	Índice de Moran Global	z-score	p-valor
Mato Grosso - Produtores (> 300 ha)	102	2006	Área das propriedades agrícolas (V16)	0,124	2,967	< 0,01
			Área plantada (V5)	0,283	6,754	0
			Coeficiente de Gini (V19)	0,159	3,681	< 0,01
Mato Grosso - Não produtores (< 300 ha)	39	2006	Área das propriedades agrícolas (V16)	0,351	3,237	< 0,01
Mato Grosso - Produtores (> 300 ha)	116	2017	Área das propriedades agrícolas (V15)	0,134	3,258	< 0,01
			Área plantada (V6)	0,348	8,220	0
Mato Grosso - Não produtores (< 300 ha)	25	2017	Área das propriedades agrícolas (V16)	0,662	4,562	< 0,01
			Coeficiente de Gini (V19)	0,425	3,030	< 0,01

Fonte: Autores (2024).

Em 2006, 72% dos municípios do Mato Grosso possuíam áreas plantadas maiores que 300 hectares. A área das propriedades agrícolas, área plantada e coeficiente de Gini apresentaram significância na análise de autocorrelação espacial (Tabela 2). A análise dos outros 28% dos municípios (não produtores) apresentou significância apenas na variável área das propriedades agrícolas. Isso se deve ao fato de que as atividades econômicas desses municípios advêm majoritariamente de outros setores, como serviços, educação e saúde. Portanto, atividades ligadas à agricultura são menores e dispersas, correspondendo a, em média, 3,5% do PIB municipal (IBGE, 2024b).

Já em 2017, cerca de 82% dos municípios do Mato Grosso possuíam áreas plantadas maiores que 300 hectares. De acordo com o Índice Global de Moran, as variáveis área das propriedades agrícolas, área plantada e coeficiente de Gini apresentaram significância na autocorrelação espacial. Esse fato demonstra a capilaridade da atividade agrícola frente à sua importância comercial no estado do Mato

Grosso, sendo as atividades agropecuárias responsáveis, em média, por 24% do PIB municipal (IBGE, 2024b). A análise dos 18% dos municípios não produtores demonstrou que apenas a área das propriedades agrícolas e o coeficiente de Gini apresentaram significância na correlação espacial, com características semelhantes.

Além disso, o aumento de 13% para municípios produtores entre 2006 e 2017 refletiu a perspectiva positiva das atividades agrícolas na economia regional. Esse fato é corroborado por Castro e Lima (2016), os quais pontuaram que, entre 2000 e 2010, os municípios mato-grossenses que plantaram soja se desenvolveram cerca de 20% a mais do que os que não plantaram em 2000, e, em 2010, esse percentual aumentou para 23%. Nesse mesmo período, houve um desenvolvimento médio de 26% para os municípios que continuaram a não plantar soja, em comparação com um desenvolvimento médio de 29% para os que começaram a plantar soja.

No Matopiba, de maneira geral, as autocorrelações espaciais apresentaram valores maiores tanto para os municípios produtores quanto para os não produtores, em 2006 e 2017. Em 2006, 72% dos municípios da região possuíam áreas maiores que 300 hectares. O coeficiente de Gini e a área plantada foram as variáveis com os maiores valores de autocorrelação espacial. Isso demonstra um padrão espacial no comportamento da soja nessas variáveis e a formação de clusters (Araújo *et al.*, 2017). Para os municípios não produtores, o coeficiente de Gini apresentou o maior grau de significância.

Em 2017, as análises indicaram que os municípios produtores de soja, correspondendo a 82% do total no Matopiba, apresentaram um padrão espacial mais forte nas áreas plantadas e no coeficiente de Gini. Isso corrobora o trabalho de Araújo *et al.* (2017), que demonstrou que um dos resultados da expansão agrícola na região é a concentração regional da produção de soja. Isso decorre dos maiores aportes tecnológicos e dos investimentos em pesquisa. Os municípios não produtores de soja também apresentaram relações espaciais, ainda que não diretamente ligadas à atividade agrícola, formando *clusters* com outras atividades econômicas, como indústria e comércio.

Tabela 3: Índice de Moran Global do Matopiba para as variáveis área das propriedades agrícolas, área plantada, coeficiente de Gini, capacidade de armazenagem e PIB Agro em 2006 e 2017

Municípios	n	Período	Variáveis	Índice de Moran Global	z-score	p-valor
Matopiba - Produtores (> 300 ha)	102	2006	Área das propriedades agrícolas (V16)	0,431	8,966	0
			Área plantada (V5)	0,509	11,487	0
			Coeficiente de Gini (V19)	0,543	10,880	0
			Cap. Armazenagem (V23)	0,371	10,520	0
Matopiba - Não produtores (< 300 ha)	39	2006	Área das propriedades agrícolas (V16)	0,226	9,058	0
			Coeficiente de Gini (V19)	0,502	19,09	0
Matopiba - Produtores (> 300 ha)	116	2017	Área das propriedades agrícolas (V15)	0,421	8,660	0
			Área plantada (V6)	0,534	11,629	0
			Coeficiente de Gini (V20)	0,582	11,610	0
			Cap. Armazenagem (V24)	0,345	10,142	0
Matopiba - Não produtores (< 300 ha)	25	2017	Área das propriedades agrícolas (V15)	0,173	6,110	0
			Coeficiente de Gini (V20)	0,201	6,799	0

Fonte: Autores (2024).

A análise do LISA classificou, em 2006, um *cluster* de área plantada no centro-norte do Mato Grosso, agregando treze municípios, entre eles Sorriso, Sapezal e Nova Mutum (Figura 1a). Em relação à área das propriedades agrícolas, foram agrupados quatro municípios. No entanto, apesar de possuírem grandes áreas, não são grandes produtores de soja (Figura 1b).

No caso do Matopiba, em 2017, todas as variáveis foram significativas no agrupamento dos maiores produtores da região, incluindo Correntina, São Desidério, Luís Eduardo Magalhães, Barreiras e Riachão das Neves, na Bahia; Ribeiro Gonçalves, no Piauí; e Tasso Fragoso, no Maranhão. Esse fato demonstra que, ao contrário do Mato Grosso, Matopiba apresentou características muito semelhantes entre seus municípios

produtores, os quais foram diretamente influenciados por investimentos em tecnologia (Araújo *et al.*, 2017) (Figura 2e, Figura 2f, Figura 2g, Figura 2h).

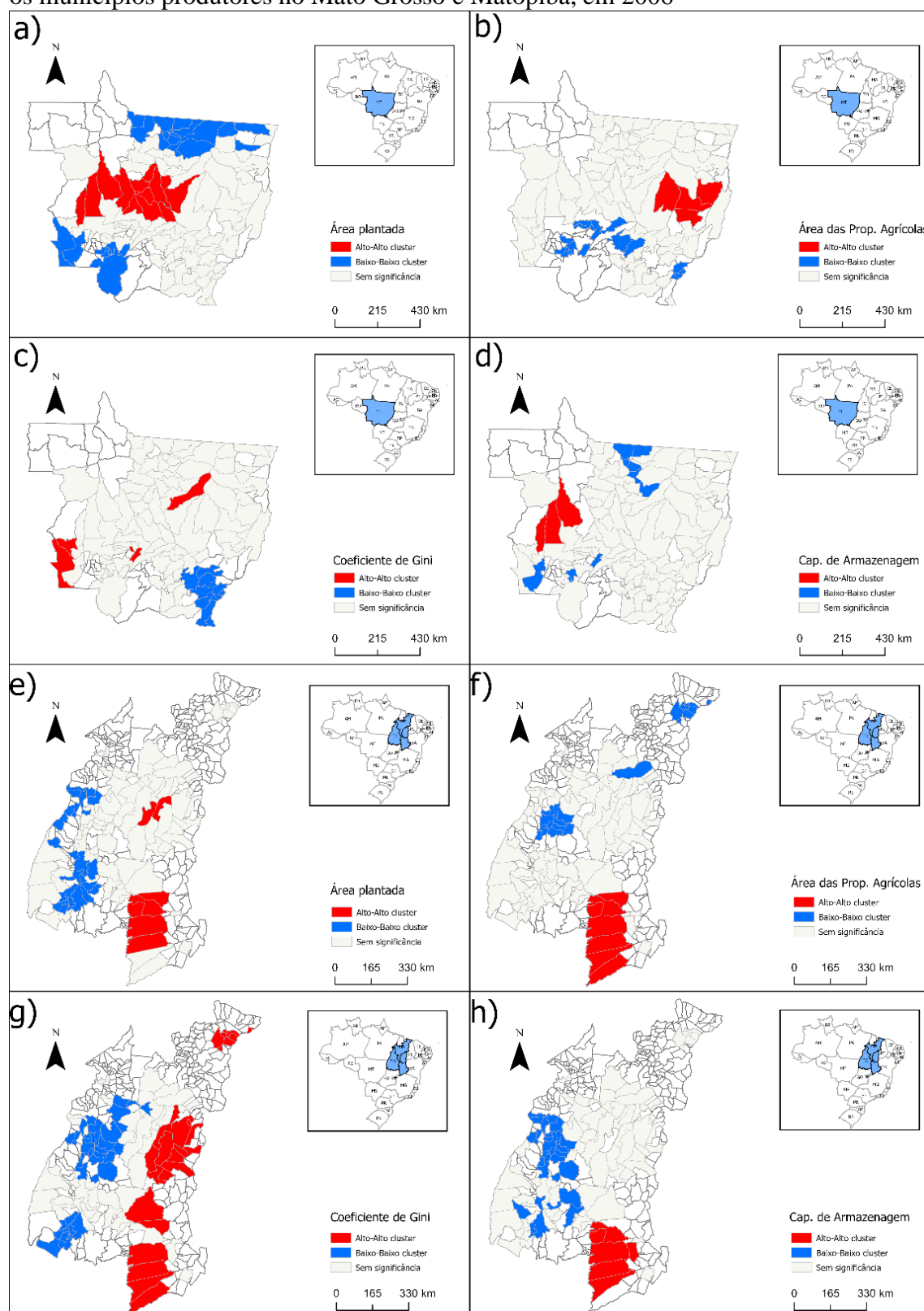
Em relação ao Índice de Moran Local Bivariado, as únicas variáveis que apresentaram significância nos resultados foram Gini/Capacidade de Armazenagem, Gini/Área das Propriedades Agrícolas e Gini/Nível de Escolaridade, todas em 2017 (Figura 3). As demais variáveis, em sua maioria, não apresentaram significância e/ou relações complexas com o coeficiente de Gini no Mato Grosso e Matopiba nos dois períodos analisados. Nesses casos, as variáveis utilizadas não foram suficientes para caracterizar a distribuição espacial, bem como sua relação com as regiões do entorno.

Desse modo, embora as regiões possuam alta tecnologia na dinâmica local, isso não resulta em ganhos sociais, econômicos e ambientais para as populações locais, principalmente quanto a empregos (Sauer, 2018). Nesse sentido, há intensificação da mecanização, principalmente no Mato Grosso, bem como da demanda por alta qualificação, muitas vezes excluindo a comunidade local em favor de mão de obra externa.

Em relação ao coeficiente de Gini, entre os municípios produtores, houve significância na região sudeste do estado, sendo criado um *cluster* com municípios com menores valores do coeficiente de Gini, possuindo, portanto, um índice global de menor desigualdade social (Figura c). A variável capacidade de armazenagem apresentou agrupamento de apenas três municípios com alta capacidade, incluindo Campos de Júlio, Sapezal e Brasnorte (Figura 1d).

A análise do LISA classificou, em 2006, no Matopiba, os maiores produtores de soja em relação à área plantada, que são: Barreiras, Luís Eduardo Magalhães, São Desidério, Correntina e Riachão das Neves (Figura 1e). A área das propriedades agrícolas também foi agrupada na mesma região, corroborando o estudo de Araújo *et al.* (2017), que identificou a formação de *clusters* de produtividade nessa região (Figura 1f).

Figura 1: Índice de Correlação Local de Moran (LISA) para as variáveis área plantada, área das propriedades agrícolas, coeficiente de Gini e capacidade de armazenagem, para os municípios produtores no Mato Grosso e Matopiba, em 2006



Fonte: Autores (2024).

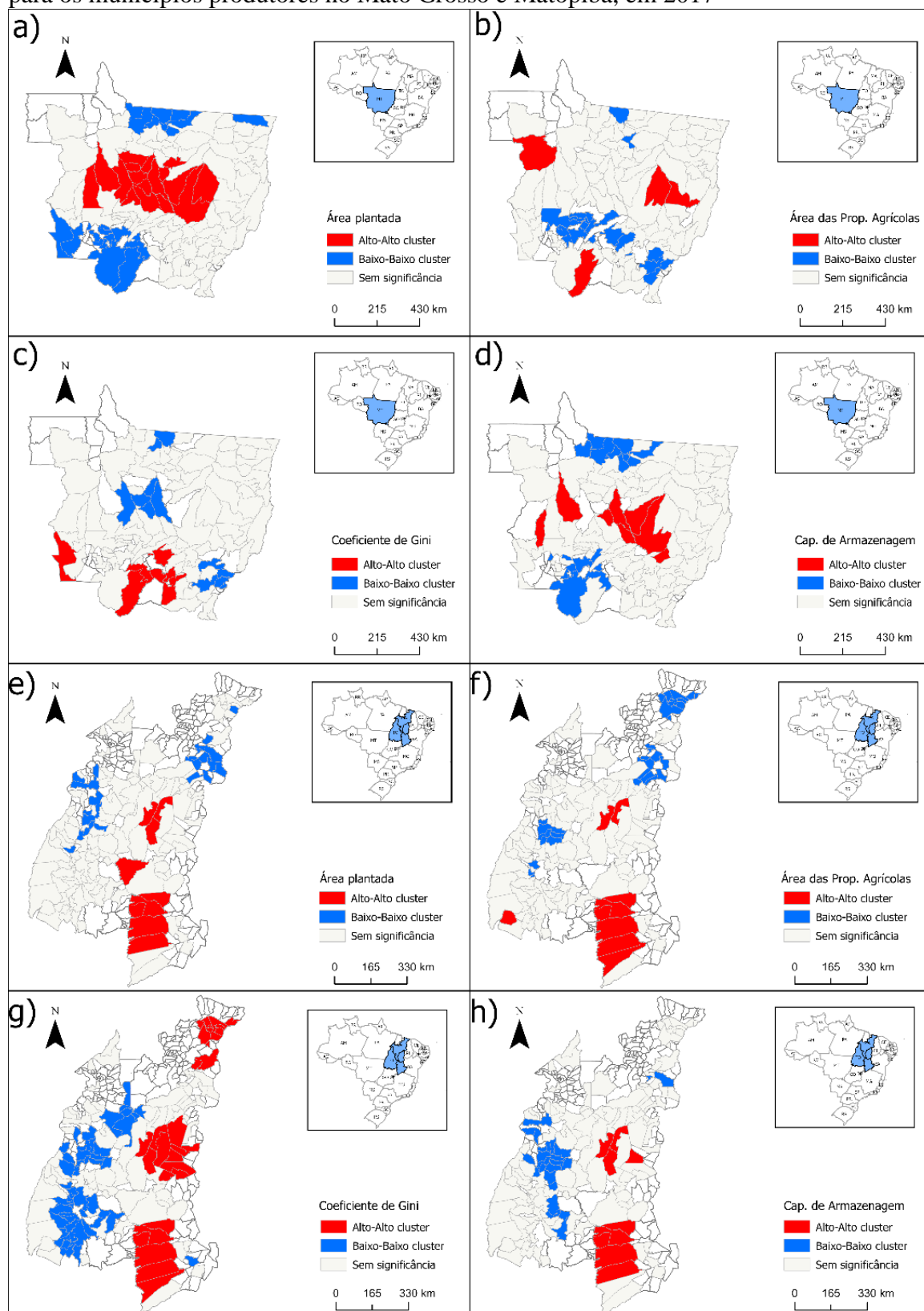
Já a análise do coeficiente de Gini e capacidade de armazenagem agrupou a região tradicionalmente produtora de soja no Matopiba como um *cluster* de altos valores de coeficiente de Gini e alta capacidade de armazenagem. Esse fato é interessante, pois os maiores produtores de soja do Matopiba possuem também os maiores índices de desigualdade social. Isso indica a provável existência de concentração fundiária, bem como de renda na região (Figura 1g).

Em relação ao ano de 2017, houve um aumento no agrupamento de municípios com maiores áreas plantadas no Mato Grosso, passando de 13 para 15, revelando que a expansão da soja no Mato Grosso avança para o centro-norte do estado (Figura 2a) (Maranhão *et al.*, 2019). Já na área das propriedades agrícolas, o *cluster* de maiores áreas se concentrou na região nordeste do estado, continuando o processo que já ocorria em 2006 e consolidando a área como logisticamente eficiente para armazenagem de grãos no processo de expansão da soja (Figura 2b) (Maranhão *et al.*, 2019).

O coeficiente de Gini apresentou significância na correlação espacial na região centro-norte do estado, em 2017. Esse resultado é relevante, pois nessa área, onde foram agrupados municípios com menores índices de desigualdade social, também estão localizados alguns dos maiores produtores de soja do estado, como Sorriso e Lucas do Rio Verde, sugerindo uma redução na desigualdade nessas regiões (Figura 2c). No caso da capacidade de armazenagem, também houve a consolidação de um processo de expansão da soja para a região centro-norte, indo em direção a novas rotas de escoamento no Arco Norte, como a ferrovia Norte-Sul. Houve agrupamento de municípios com maiores capacidades de armazenagem, como Nova Ubiratã, Sorriso e Lucas do Rio Verde (Figura 2d).

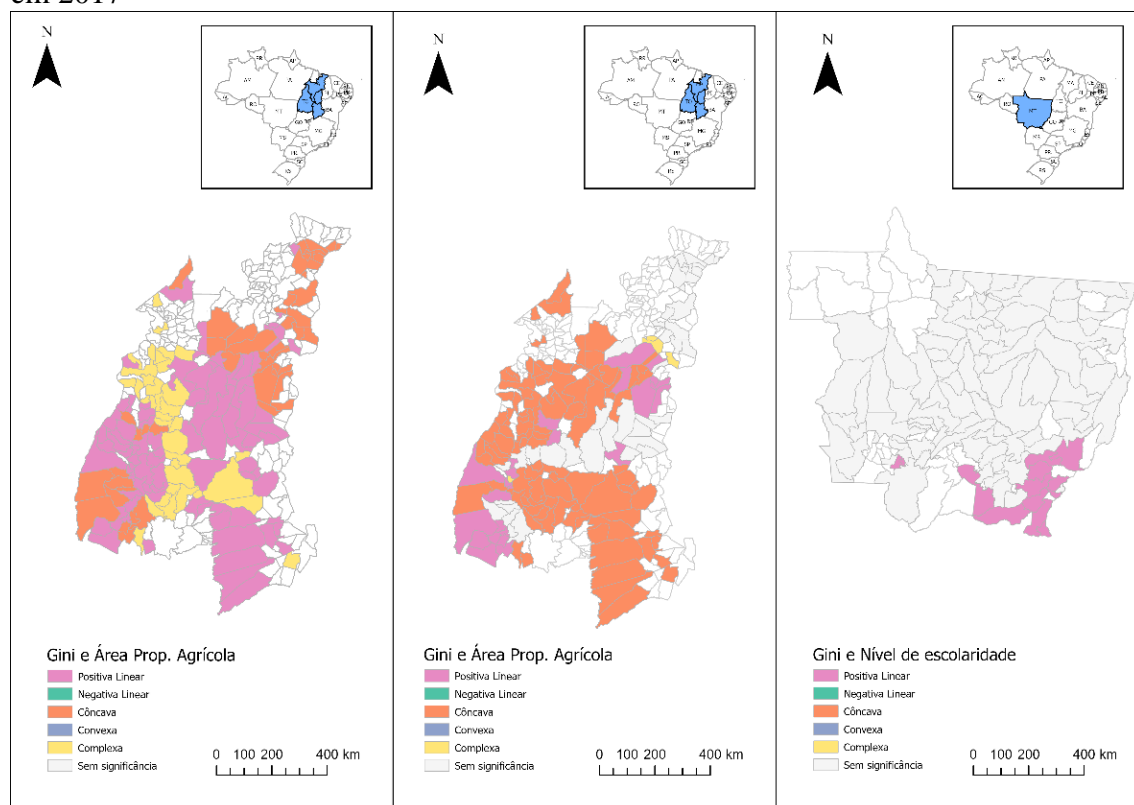
A análise do índice de Moran Bivariado revela que a relação entre o coeficiente de Gini e a capacidade de armazenagem é linear e positiva nas regiões centrais do Matopiba (como Balsas e Alto Parnaíba), ou seja, à medida que uma cresce, a outra também tende a crescer. No Matopiba, destaca-se o impacto da concentração fundiária, enquanto no Mato Grosso, o papel da escolaridade apresenta uma influência mais difusa (Figura 3).

Figura 2: Índice de Correlação Local de Moran (LISA) para as variáveis Área plantada, Área das propriedades agrícolas, Coeficiente de Gini e Capacidade de Armazenagem, para os municípios produtores no Mato Grosso e Matopiba, em 2017



Fonte: Autores (2024).

Figura 3: Relação espacial entre o Coeficiente de Gini e Capacidade de Armazenagem, Área das propriedades agrícolas no Matopiba e Nível de escolaridade no Mato Grosso, em 2017



Fonte: Autores (2024).

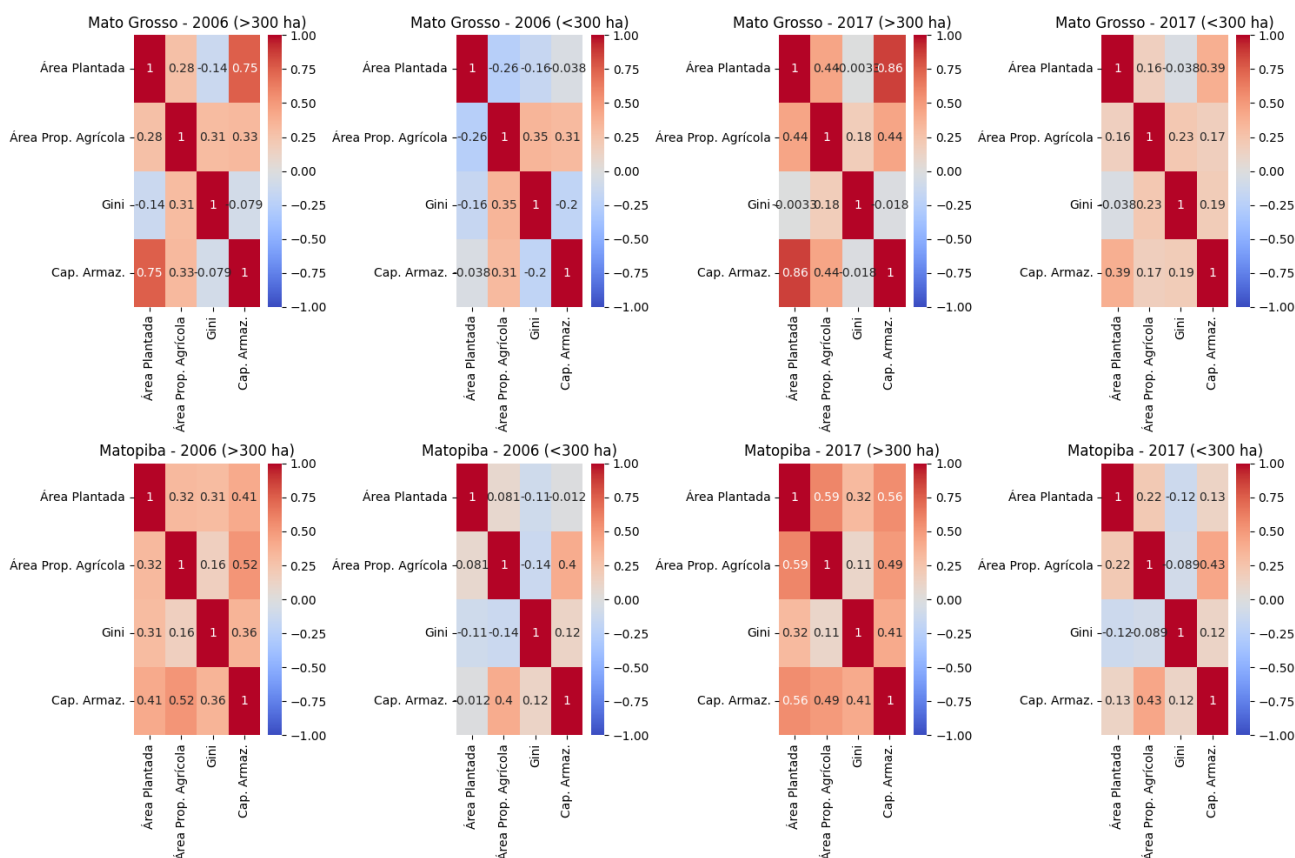
A relação entre a área das propriedades agrícolas e o coeficiente de Gini mostrou uma correlação linear positiva na parte leste e central do Matopiba. Contudo, na maioria dos municípios, essa relação apresentou uma forma côncava, ou seja, ela varia de maneira não linear, sugerindo interações complexas entre essas variáveis (Figura 3).

Esse fato pode decorrer da polarização espacial, em que regiões com alta desigualdade e grandes propriedades podem estar concentradas em polos específicos, enquanto regiões intermediárias apresentam padrões diferentes. Além da combinação de fatores socioeconômicos, como políticas públicas, que afetam a concentração de terras e a desigualdade (Sauer, 2018) (Figura 3).

Em relação ao nível de escolaridade, no Mato Grosso, em 2006, os municípios produtores apresentaram uma relação linear positiva com o coeficiente de Gini na Mesorregião Sudeste, em áreas com média produção e rotas de escoamento para o Porto de Santos (Figura 3).

A análise de correlação de Spearman na região do Matopiba destaca que a relação entre desigualdade (coeficiente de Gini) e capacidade de armazenagem ou área das propriedades agrícolas é significativa em muitas regiões, mostrando uma possível concentração de recursos e infraestrutura agrícola em áreas com maior desigualdade social (Figura 4).

Figura 4: Correlação de Spearman para o Mato Grosso e Matopiba, entre as variáveis área plantada, área das propriedades agrícolas, coeficiente de Gini e capacidade de armazenagem, em 2006 e 2017



Fonte: Autores (2024).

De maneira geral, observa-se uma correlação positiva forte nos municípios produtores, o que indica que maiores áreas plantadas estão associadas a propriedades de maior porte. Em contrapartida, nas propriedades menores, essa correlação é mais fraca ou inexistente (Figura 4).

O coeficiente de Gini apresenta uma correlação positiva moderada com a área das propriedades agrícolas nas propriedades maiores, o que sugere que áreas maiores

estão associadas a maiores desigualdades em ambas as regiões e períodos. Esse fenômeno está relacionado ao modelo de exportação da soja na região (Sauer, 2018). Nos municípios não produtores, a relação com o Gini tende a ser mais fraca ou negativa, o que indica que as pequenas propriedades não estão diretamente associadas a uma maior desigualdade (Figura 4).

Considerações finais

A análise dos indicadores socioeconômicos da região do Arco Norte mostra que a expansão da soja tem um impacto complexo no desenvolvimento regional. Ela tem demonstrado um potencial significativo para impulsionar o crescimento econômico, principalmente nos municípios com grandes áreas agrícolas de cultivo da soja. É possível observar diferenças regionais que indicam mudanças estruturais ao longo do tempo, com avanço mais gradual no Matopiba.

Os resultados indicam que as dinâmicas do cultivo da soja são distintas no Mato Grosso e no Matopiba. O Mato Grosso não apresentou correlação espacial entre área plantada e área das propriedades agrícolas, demonstrando que não necessariamente os maiores municípios produtores possuem as maiores áreas de propriedades agrícolas. Além disso, menores índices de Gini, ou seja, menos desigualdade social, foram encontrados em alguns dos maiores produtores de soja do estado, em 2017.

No Matopiba, as maiores áreas plantadas se correlacionaram espacialmente de maneira forte com as maiores áreas de propriedades agrícolas e a capacidade de armazenagem, evidenciando de maneira mais clara o modelo de exportação agrícola adotado. Ademais, os maiores municípios produtores apresentaram os maiores valores de coeficiente de Gini, apontando maiores desigualdades sociais.

É possível afirmar que municípios com grandes áreas de cultivo acabam concentrando mais terras, o que está associado ao aumento da desigualdade e ao desenvolvimento da infraestrutura de armazenamento, especialmente no Mato Grosso. Além disso, grandes propriedades costumam se beneficiar da expansão da soja e dos avanços tecnológicos, enquanto as pequenas propriedades têm dificuldades para acompanhar esse crescimento, o que aumenta a desigualdade. Por fim, a expansão da

mecanização agrícola também influencia diretamente na oferta de emprego e se relaciona fortemente com o nível de escolaridade.

Esta pesquisa também ressalta a necessidade de políticas públicas que considerem as diferenças regionais e as desigualdades no setor agrícola, buscando mitigar os efeitos negativos da expansão agrícola. Embora a soja contribua para o crescimento econômico, ela também causa grandes impactos ambientais, como o desmatamento. Portanto, é fundamental a proposição de estratégias que abordem os impactos ambientais, como a moratória da soja na Amazônia, visando à preservação da biodiversidade e à gestão dos recursos naturais, no caso do Matopiba.

É bastante provável que a expansão da soja no Arco Norte continue crescendo nos próximos anos, impulsionada por avanços tecnológicos que possibilitam o cultivo em novas áreas mais quentes e secas. No entanto, novos desafios surgem no horizonte, como eventos disruptivos, a exemplo das mudanças climáticas, que podem modificar radicalmente a distribuição espacial dos cultivos agrícolas e promover grandes mudanças no mercado internacional.

Desse modo, é importante ressaltar que a soja se relaciona fortemente com o desenvolvimento econômico. Todavia, para que esse crescimento seja sustentável e justo, é necessário adotar políticas focadas na distribuição regional e equitativa de recursos, no aumento do nível de escolaridade e na gestão sustentável dos recursos naturais para um desenvolvimento equilibrado e sustentável na região.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), por meio da bolsa pesquisa SAE - Processo 01-P-194/2023.

Referências

- ANDRADE NETO, A. O.; RAIHER, A. P. Impacto socioeconômico da cultura da soja nas áreas mínimas comparáveis do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S./l.], v. 62, n. 1, e267567, p. 1-22, 2024.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—Lisa. **Geographical Analysis**, [S./l.], v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

ALMEIDA, A. W. B. A reconfiguração das agroestratégias: novo capítulo da guerra ecológica. In: SAUER, Sergio.; ALMEIDA, W. (org.). **Terras e territórios na Amazônia: demandas, desafios e perspectivas**. Brasília: Editora da UnB, 2011. p. 27–44.

BATISTA, M. L. B. et al. Análise fatorial e espacial da modernização agrícola no Matopiba. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S./l.], v. 61, n. 3, e261413, 2023.

BICUDO DA SILVA, R F. et al. Three decades of changes in Brazilian municipalities and their food production systems. **Land**, [S./l.], v. 9, n. 11, p. 422, 2020.

BRASIL. **Arco Norte: O desafio logístico**. Brasília: Edições Câmara, 2016. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/arco_norte.pdf. Acesso em: 04 fev. 2024

CASTRO, L. S.; LIMA, J. E. A soja e o estado do Mato Grosso: existe alguma relação entre o plantio da cultura e o desenvolvimento dos municípios? **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, [S./l.], v. 10, n. 2, p. 177-198, 2016.

FREY, G. P. et al. Simulated impacts of soy and infrastructure expansion in the Brazilian Amazon: A maximum entropy approach. **Forests**, [S./l.], v. 9, n. 10, p. 600, 2018.

GARRET, R. D.; RAUSCH, L. L. Green for gold: Social and ecological tradeoffs influencing the sustainability of the Brazilian soy industry. **The Journal of Peasant Studies**, [S./l.], v. 43, p. 461–493, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PAM - Produção Agrícola Municipal**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 05 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PIB-Mun – Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>. Acesso em: 15 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuário.html>. Acesso em: 05 jan. 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuário.html>. Acesso em: 05 jan. 2024.

LIGON, E.; SADOULET, E. Estimating the Relative Benefits of Agricultural Growth on the Distribution of Expenditures. **World Development**, [S./l.], v. 109, n. 1, p. 417-428, 2018.

LOPES, G. R.; LIMA, M. G.; REIS, T. N. P. Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. **World Development**, [S./l.], v. 139, p. 105316, 2021.

MARTINELLI, L. A. et al. Soy expansion and socioeconomic development in municipalities of Brazil. **Land**, [S./l.], v. 6, n. 3, p. 62, 2017.

MARANHÃO, R. L. A. et al. The spatiotemporal dynamics of soybean and cattle production in Brazil. **Sustainability**, [S./l.], v. 11, n. 7, p. 2150, 2019.

MIRANDA, E. E. M.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Nota técnica 1. EMBRAPA. Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1037313>. Acesso em : 04 fev. 2024

MORAN, P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, [S./l.], v. 10, n. 2, p. 243–251, 1948.

OLIVEIRA, S. N. et al. Landscape-fragmentation change due to recent agricultural expansion in the Brazilian Savanna, Western Bahia, Brazil. **Regional environmental change**, [S./l.], v. 17, p. 411-423, 2017.

RICHARDS, P. et al. Soybean development: The impact of a decade of agricultural change on urban and economic growth in Mato Grosso, Brazil. **PLoS one**, [S./l.], v. 10, n. 4, p. e0122510, 2015.

ROSANOVA, C. et al. A expansão do agronegócio da soja no Tocantins: contextualização dos impactos e mudanças no desenvolvimento regional. **Open Science Research IV**, [S./l.], cap. 11, p. 158-167, 2022.

SAUER, S. Soy expansion into the agricultural frontiers of the Brazilian Amazon: The agribusiness economy and its social and environmental conflicts. **Land Use Policy**, [S./l.], v. 79, p. 326–338, 2018.

SOUZA, M. M.; OLIVEIRA, A. L. R.; SOUZA, M. F. Localização de armazéns agrícolas baseada em análise multicritério espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S./l.], v. 62, n. 1, e268622, p. 1-16, 2024.

XIAO, C. *et al.* Using Spearman's correlation coefficients for exploratory data analysis on big dataset. **Concurrency and Computation: Practice and Experience**, [S./l.], v. 28, n. 14, p. 3866–3878, 2016.

Autores

Emmily Eduarda Santos da Silva – É graduanda em Administração pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atua na Iniciação Científica.

Endereço: Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Rua Pedro Zaccaria, 1300, Limeira, São Paulo, Brasil, CEP 13.484-350.

Matheus Melo de Souza – É graduado em Engenharia Ferroviária e Logística e mestre em Engenharia Naval pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente cursa Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Endereço: Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Av. Cândido Rondon, 501, Campinas, São Paulo, Brasil, CEP: 13.083-875.

Andréa Leda Ramos de Oliveira – É graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade de São Paulo (USP); mestre em Engenharia Elétrica e doutora em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é Professora no curso de Graduação e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.

Endereço: Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Av. Cândido Rondon, 501, Campinas, São Paulo, Brasil, CEP: 13.083-875.

Artigo recebido em: 22 de outubro de 2024.

Artigo aceito em: 10 de dezembro de 2024.

Artigo publicado em: 30 de dezembro de 2024.