

## **ANÁLISE ESPACIAL DA EXPANSÃO DA PRODUTIVIDADE DE SOJA NO BRASIL ENTRE 1975 E 2020**

### **SPATIAL ANALYSIS OF SOYBEAN PRODUCTIVITY EXPANSION IN BRAZIL BETWEEN 1975 AND 2020)**

**Yuri de Almeida Vieira**

Universidade Federal de São João del Rei, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Território (UFSJ).

[yuridealmeidavieira@hotmail.com](mailto:yuridealmeidavieira@hotmail.com)

**Gabrielito Rauter Menezes**

Universidade Federal de São João del Rei, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Território (UFSJ).

[gabrielitorm@gmail.com](mailto:gabrielitorm@gmail.com)

**Patricia Alves Rosado Pereira**

Universidade Federal de São João del Rei, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Território (UFSJ).

[patyrosado@ufsj.edu.br](mailto:patyrosado@ufsj.edu.br)

## **GT01. Mercados agrícolas e comércio exterior**

### **Resumo**

O objetivo deste estudo é analisar a evolução temporal e a dinâmica espacial da produtividade da soja entre 1975 e 2020 para as Regiões Geográficas Imediatas do Brasil, utilizando análise espacial como o Índice de Moran Global e Local (LISA). Os resultados revelam uma tendência crescente de concentração espacial da produtividade, com destaque para o Centro-Oeste e, mais recentemente, para a região MATOPIBA. A análise também identificou clusters significativos de alta e baixa produtividade, evidenciando padrões espaciais consistentes e a importância de fatores regionais. O estudo sugere a necessidade de políticas públicas voltadas para a redução das desigualdades regionais e o incentivo à sustentabilidade, considerando as pressões socioambientais resultantes da expansão sojeira.

Palavras-chave: produtividade agrícola, análise espacial, soja no Brasil, clusters de produtividade, MATOPIBA.

### **Abstract**

This study analyzes the temporal evolution and spatial dynamics of soybean productivity between 1975 and 2020 for Brazil's Immediate Geographic Regions, using spatial analysis tools such as the Global and Local Moran's Index (LISA). The results reveal a growing trend of spatial concentration in productivity, with emphasis on the Central-West region and, more recently, the MATOPIBA region. The analysis also identified significant clusters of high and low productivity, highlighting consistent spatial patterns and the importance of regional factors. The study suggests the need for public policies aimed at reducing regional inequalities and promoting sustainability, considering the socio-environmental pressures resulting from soybean expansion.

Keywords: agricultural productivity, spatial analysis, soybeans in Brazil, productivity clusters, MATOPIBA.

## 1. Introdução

A produção de soja no Brasil começou na década de 1940, no Rio Grande do Sul, expandindo-se posteriormente para Santa Catarina e Paraná, onde, até 1970, mais de 80% da área plantada estava concentrada nesses estados (BARROZO; ROSA, 2018). A partir da década de 1970, a produção cresceu impulsionada por políticas governamentais, como subsídios, incentivos fiscais e crédito rural, além de investimentos tecnológicos, alinhados à política de substituição de importações de óleos vegetais e à necessidade de fortalecer a balança comercial (WARNKEN, 1999).

Eventos como o embargo americano à soja em 1973 e o aumento da demanda internacional por farelo de soja contribuíram para consolidar o Brasil como exportador. Paralelamente, a modernização agrícola, liderada pela EMBRAPA, desenvolveu sementes adaptadas ao Cerrado e técnicas como o plantio direto, possibilitando a expansão para o Centro-Oeste e para o MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Na década de 1990, a adoção de tecnologias como a agricultura de precisão e cultivares transgênicas, aliada à participação do setor privado, intensificou a expansão da soja para o Norte e Nordeste do país. Entre 1988 e 2020, a área cultivada com soja cresceu 350,9%, representando 47,7% da área de lavouras temporárias em 2020, com a produção aumentando 676% no mesmo período, refletindo avanços tecnológicos e expressivos ganhos de produtividade (CAPOANE, 2023; BALBINOT JUNIOR et al., 2017).

Portanto, a consolidação da soja no Brasil foi resultado de um conjunto de fatores que transformaram o país em aspectos demográficos, ecológicos, geográficos e sociais. Esse progresso, entretanto, trouxe desafios como conflitos socioambientais, concentração fundiária e impactos ambientais, incluindo desmatamento, uso intensivo de agrotóxicos, perda de biodiversidade, e transformações radicais no território brasileiro, alimentando debates sobre a sustentabilidade e a forma de desenvolvimento desse modelo de produção (BARROZO; ROSA, 2018).

Em relação ao campo de estudo que relaciona as dinâmicas territoriais com a produção agrícola tem-se importantes trabalhos como o de Perobelli et al. (2007), que estudou o setor agrícola em geral, e o trabalho de Antunes e Stege (2020) que analisaram a convergência da produtividade agrícola nas microrregiões brasileiras entre 1990 e 2018; Em relação a soja, temos os trabalhos de Lazzarotto, Garagorry e Hirakuri (2010) que analisaram a dinâmica espacial da produção de soja no Brasil entre 1975 e 2003; O trabalho de Vidigal, Vidigal e Parré (2018) que explora a distribuição espacial da produtividade da soja no Rio Grande do Sul e o trabalho de Castro, Almeida e Lima (2015) que analisou a convergência espacial da produtividade da soja nas microrregiões do Centro-Oeste e Sul do Brasil entre 1994 e 2013. Além destes, temos trabalhos que estudaram a dinâmica territorial relacionado com outras culturas como o caso do trabalho de Cardoso, Schaab e Parré (2019), que focou no setor cafeeiro do Sudeste, e o trabalho de Santos (2017) que analisou a distribuição e a produtividade do milho no estado de Sergipe, focando nos impactos dessa análise para o seguro agrícola para os anos de 2003 a 2015.

Diante desse contexto, o presente trabalho busca contribuir para a literatura ao ampliar a análise espaço-temporal da produtividade da soja no Brasil, abrangendo um recorte geográfico mais detalhado (Regiões Geográficas Imediatas) e um período extenso (1975–2020), permitindo captar transformações recentes não exploradas nos estudos anteriores. Além disso, diferencia-se ao investigar padrões de clusters espaciais e convergência regional, aspectos fundamentais para compreender se o desenvolvimento tecnológico e a expansão agrícola têm reduzido ou aprofundado disparidades territoriais. A escolha pelas Regiões Imediatas

justifica-se por sua granularidade, que possibilita identificar heterogeneidades intraestaduais muitas vezes mascaradas em análises macrorregionais. Assim, esta pesquisa visa não apenas atualizar as evidências empíricas sobre a soja, mas também oferecer subsídios para políticas públicas voltadas à redução de assimetrias produtivas e ao desenvolvimento agrícola sustentável.

Assim, a principal contribuição deste trabalho reside em sua análise detalhada da produtividade média do setor sojífero no Brasil, utilizando métodos de análise espacial, que, ao identificar padrões de autocorrelação espacial e a formação de clusters produtivos ao longo do período de 1975 a 2020, oferece uma visão sobre como a produtividade da soja se distribui e evolui no território brasileiro. Além disso, ao abordar a incidência de convergência regional, este trabalho avança no entendimento das desigualdades produtivas e seus impactos territoriais, trazendo uma perspectiva mais integrada e territorializada para a análise desse setor agrícola, contribuindo para o campo de estudos sobre a economia espacial e economia agrária ao integrar métodos espaciais na investigação da dinâmica produtiva, oferecendo subsídios para políticas públicas mais direcionadas e sustentáveis.

Em relação a estrutura deste artigo, além desta introdução, ele está organizado em quatro seções principais. Na segunda seção, é apresentado o referencial teórico, abordando as principais discussões e estudos que embasam a análise do setor sojífero brasileiro. A terceira seção detalha a metodologia utilizada, incluindo as ferramentas analíticas e as fontes de dados que sustentam a investigação. Em seguida, na quarta seção, são apresentados e discutidos os resultados, com destaque para a evolução temporal, a dinâmica espacial e os padrões de convergência na produtividade da soja. Por fim, na quinta seção, localiza-se a conclusão, sintetizando as principais contribuições do estudo e apontando direções para futuras pesquisas e implicações práticas.

## 2. Referencial Teórico

Diversos estudos têm explorado as relações entre a produtividade agrícola e a expansão territorial, através de padrões produtivos e de fatores que influenciam a produtividade agrícola, utilizando análises espaciais para a agricultura de forma geral, como o de Perobelli et al. (2007) e para produtos específicos como o café como o de Cardoso, Schaab e Parré (2019). Estes estudos fornecem subsídios importantes em relação a abordagem metodológica, pois possibilita entender como se distribui a produtividade agrícola no espaço, tornando simples de replicar os estudos para o caso da soja no Brasil.

No contexto da soja, a relevância desta pesquisa é ainda maior, dado o papel estratégico da commodity na economia brasileira. Pesquisas anteriores, como poderá ser visto logo a frente, têm se concentrado na análise dos clusters espaciais, dos efeitos regionais e da evolução da produtividade, evidenciando que os padrões produtivos agrícolas não se distribuem de maneira aleatória, mas sim influenciados por fatores econômicos, espaciais e inúmeros outros. Estes estudos fundamentam-se em uma base teórica composta por trabalhos que analisam os padrões de autocorrelação espacial que promovem a concentração da produtividade agrícola, com ênfase na utilização de ferramentas de análise exploratória de dados espaciais (AEDE).

No trabalho de Perobelli et al. (2007) os autores realizaram uma análise da produtividade do setor agrícola brasileiro entre 1991 e 2003, aplicando técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para identificar autocorrelação e clusters espaciais. A metodologia empregada por esses autores serviu como base para este estudo, que também busca identificar padrões espaciais na produtividade, avaliando a presença de clusters de alta e baixa produtividade. De forma semelhante Antunes e Stege (2020) analisaram a convergência da produtividade agrícola nas microrregiões brasileiras entre 1990 e 2018, considerando as variações espaciais. A pesquisa revela que regiões com baixa produtividade tendem a crescer mais rapidamente do que aquelas com alta produtividade, reduzindo as disparidades ao longo

do tempo. Os autores utilizaram modelos econométricos do tipo defasagem espacial e erro espacial, conforme as abordagens propostas por Anselin (1988) e Almeida (2012), utilizando o Teste de Chow Espacial para verificar a existência de instabilidade estrutural entre as grandes regiões.

Raiher, Dantas e Rossini (2016) analisaram a convergência da produtividade agropecuária na região Sul do Brasil utilizando também, ferramentas de análise espacial, destacando que padrões produtivos podem ser explicados por clusters espaciais. Esses autores identificaram que áreas com alta produtividade tendem a formar aglomerações, enquanto regiões de baixa produtividade podem permanecer estagnadas devido à falta de infraestrutura e acesso a tecnologias.

Cardoso, Schaab e Parré (2019) focalizaram a discussão ao explorar o contexto brasileiro do café, enfatizando as dinâmicas territoriais dessa commodity ao longo de 1990 e 2015, utilizando técnicas de análise espacial para identificar padrões de autocorrelação e clusters produtivos. Embora o foco do estudo seja o café, a abordagem metodológica e o uso de ferramentas de análise espacial apresentam forte relevância e replicabilidade para a análise da produtividade da soja, pois, assim como no caso do café, o estudo da soja envolve a identificação de clusters produtivos e a influência de fatores regionais, reforçando a importância de compreender os efeitos espaciais, aspectos estes que são diretamente aplicáveis à análise da expansão e padrões produtivos da soja no Brasil.

Em relação a soja, o trabalho de Lazzarotto, Garagorry e Hirakuri (2010) analisa a dinâmica espacial da produção de soja no Brasil entre 1975 e 2003, destacando a expansão significativa do cultivo em diversas regiões e mudanças na concentração e localização da produção. Utilizando dados históricos e indicadores de assimetria e concentração, foram identificadas diminuições na velocidade de deslocamento do cultivo. As conclusões ressaltaram a importância crescente da soja para a economia nacional.

O trabalho de Castro, Almeida e Lima (2015), analisa a convergência espacial da produtividade da soja nas microrregiões do Centro-Oeste e Sul do Brasil entre 1994 e 2013. Os autores investigam como a produtividade da terra na soja evoluiu ao longo de subperíodos, mostrando evidências de convergência espacial, especialmente entre 2004 e 2008. A pesquisa utilizou técnicas de econometria espacial, incluindo o coeficiente de Moran para medir a autocorrelação espacial, e divide a análise em subperíodos para avaliar a evolução da produtividade. O enfoque microrregional foi adotado para lidar com as mudanças territoriais em municípios ao longo do tempo. E o estudo sugeriu que a produtividade média da soja está se homogeneizando, o que pode levar o Brasil a se tornar o maior produtor mundial dessa commodity, fato esse que se verificou em 2017.

E por fim, o trabalho de Vidigal, Vidigal e Parré (2018) explorou a distribuição espacial da produtividade da soja no Rio Grande do Sul, analisando dados geoespaciais para identificar regiões com diferentes níveis de rendimento. Fatores como clima, características do solo e práticas agrícolas são considerados na avaliação da produtividade. Os resultados mostram variações significativas entre diferentes áreas, permitindo a identificação de locais com maior potencial produtivo. A pesquisa visa contribuir para a otimização das práticas agrícolas e a melhoria na gestão da produção de soja no estado. As conclusões podem orientar políticas agrícolas e ações de suporte aos produtores locais.

Por fim, no estudo de Júnior e Lima (2022), os autores examinaram a distribuição espacial das atividades agrícolas e não agrícolas no Piauí, evidenciando a influência das características locais no desempenho produtivo. Utilizando ferramentas de análise espacial, eles mostraram que a produtividade agrícola está fortemente relacionada a fatores regionais, como infraestrutura e suporte técnico, reforçando a importância de abordar a produtividade de soja com uma perspectiva espacial e destacando a relevância de se identificar clusters produtivos.



Em síntese, os estudos analisados fornecem um suporte teórico robusto para a investigação da produtividade da soja no Brasil, destacando a relevância de utilizar ferramentas de análise espacial, como o I de Moran Global e Local, e o Diagrama de Dispersão de Moran e testes de significância para evidenciar a robustez dos dados, tudo isso para identificar padrões produtivos. Além disso, eles evidenciam que a expansão agrícola está intrinsecamente ligada a fatores regionais, tecnológicos e econômicos, cujos impactos podem ser avaliados a partir da aplicação de técnicas quantitativas avançadas e análise de longo prazo.

### 3. Metodologia

Nessa pesquisa adotou-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), com o intuito de identificar padrões de autocorrelação espacial e clusters relacionados à produtividade da soja no Brasil ao longo do período estudado, de forma semelhante ao estudo feito por Perobelli et al. (2007) e Cardoso, Schaab e Parré (2019), empregando os softwares GeoDa e Excel como ferramentas centrais para a análise espacial e visualização dos resultados.

Esta pesquisa se concentra em lavouras temporárias, especificamente o cultivo da soja, sendo que, os dados utilizados foram obtidos da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para fazer a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), primeiramente foram coletados os dados anuais de produção de soja (em toneladas) e área plantada (em hectares) para as Regiões Geográficas Imediatas do Brasil (RGI), no período de 1975 a 2020. Estes dados então, foram agrupados em cada uma das 510 Regiões Geográficas Imediatas do Brasil (RGI), metodologia proposta pelo IBGE em 2017, que “incorpora as mudanças ocorridas no Brasil ao longo das últimas três décadas [...] e que têm na rede urbana o seu principal elemento de referência” (IBGE, 2017, p.19 e 20). Esses dados agrupados em RGI’s então, foram selecionados em dez intervalos quinquenais (1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020) a fim de facilitar a análise temporal e capturar mudanças significativas no comportamento espacial. A produtividade agrícola foi definida como a razão entre a produção total de soja (em quilogramas) e a área plantada (em hectares), de forma semelhante como foi proposto por Perobelli et al. (2007), utilizando a medida de quilograma por hectare (kg/ha).

Com as Tabelas feitas, foram elaborados Mapas de Produtividade por RGI, e em seguida selecionou-se a Matriz de Pesos Espaciais mais relevante para a pesquisa (k-vizinhos mais próximos), aplicou-se o I de Moran Global a fim de identificar a presença de autocorrelação espacial global na produtividade da soja, seguido da formulação do Diagrama de Dispersão de Moran Global. Também foi calculado Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) através do I de Moran Local seguido da elaboração de Mapas de Cluster, Mapas de Significância e Diagramas de Dispersão Local e por fim foi feita a Análise de Robustez das estatísticas do I de Moran Local para produtividade média da soja tudo isso pode ser mais bem avaliado a frente, onde é explorado cada uma dessas ferramentas de análise espacial (ALMEIDA, 2012, p. 103 a 110).

A escolha da matriz de pesos espaciais é essencial na análise espacial, pois define as relações de proximidade entre as unidades de análise, impactando diretamente os resultados da autocorrelação espacial e dos modelos econométricos espaciais. Este estudo utiliza a matriz dos k-vizinhos mais próximos, conforme Perobelli et al. (2007), devido às suas vantagens metodológicas. E segundo Almeida (2012, p. 83):

“A vantagem desta convenção é combater o desequilíbrio da conectividade de uma matriz, pois todas as unidades espaciais terão o mesmo número de vizinhos. Ademais, essa matriz garante que não haverá ‘ilhas’, ou seja, regiões com nenhum vizinho.”

Portanto, a matriz k-vizinhos assegura que todas as unidades espaciais possuam um número fixo de vizinhos, evitando regiões isoladas, o que é crucial em um país como o Brasil,

com grande diversidade geográfica e densidade populacional, permitindo capturar interações regionais e identificar padrões de dependência espacial de forma robusta.

Adicionalmente, a flexibilidade de ajustar o número de vizinhos ( $k=10$ ,  $k=15$ ,  $k=20$ ) possibilita validar os resultados e assegurar consistência nas conclusões. No caso da soja, fatores regionais que influenciam a produtividade são capturados eficazmente pela matriz  $k$ -vizinhos, tornando-a uma escolha sólida para modelar padrões espaciais da produtividade da soja no Brasil.

Para verificar a autocorrelação espacial global é utilizado o  $I$  de Moran global, que é uma medida estatística usada em análise espacial para avaliar a existência e o grau de autocorrelação espacial em um conjunto de dados geográficos, ou seja, ele verifica se os valores de uma variável em um local estão sistematicamente relacionados aos valores da mesma variável em locais próximos e pode ser definido, conforme Almeida (2012, p. 105), como:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'w_z}{z'z}$$

Onde:

“ $n$  é o número de regiões,  $Z$  denota os valores da variável de interesse padronizada,  $w_z$  representa os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos, definidos segundo uma matriz de ponderação espacial  $W$ . Um elemento dessa matriz, referente à região  $i$  e à região  $j$ , é registrado como  $w_{ij}$ .  $S_0$  é igual à operação  $\sum_i \sum_j w_{ij}$ , significando que todos os elementos da matriz de pesos espaciais  $w$  devem ser somados” (ALMEIDA, 2012, p. 105).

Dessa forma, segundo Perobelli (2007, p.4):

“Essa estatística fornece a indicação formal do grau de associação linear entre os vetores de valores observados no tempo  $t(z_t)$  e a média ponderada dos valores da vizinhança ou os lags espaciais  $w(z_t)$ . Valores de  $I$  de Moran maiores (ou menores) do que o valor esperado  $E(I) = \frac{-1}{n-1}$  significam que há autocorrelação positiva (ou negativa)”.

Para interpretar os resultados do  $I$  de Moran, foram elaborados diagramas de dispersão, uma ferramenta gráfica que, segundo Anselin (1996, apud Perobelli, 2007), representa a correlação linear entre os valores de uma variável e os valores médios ponderados de seus vizinhos. No diagrama, o eixo X apresenta os valores padronizados da variável de interesse, enquanto o eixo Y mostra os valores médios ponderados (lags espaciais) de suas vizinhanças. Esses dados são distribuídos em quatro quadrantes, identificando padrões espaciais como alto-alto, baixo-baixo, alto-baixo e baixo-alto, o que facilita a detecção visual de clusters e outliers espaciais.

Além disso, foi utilizado o  $I$  de Moran Local, uma extensão do  $I$  de Moran Global que analisa padrões de autocorrelação espacial em uma escala mais detalhada. Essa técnica, parte da metodologia LISA (Indicadores Locais de Associação Espacial), que identifica clusters significativos de alta (alto-alto) e baixa (baixo-baixo) produtividade, bem como outliers (alto-baixo ou baixo-alto), proporcionando uma análise espacial mais específica (ALMEIDA, 2012, p. 106-108).

As análises foram realizadas utilizando o software GeoDa, escolhido por sua capacidade de processar grandes volumes de dados georreferenciados e gerar resultados visualmente intuitivos. Então, de início, a matriz de pesos espaciais  $k$ -vizinhos mais próximo com  $k=15$  foi construída para calcular os índices de Moran Global e Local, permitindo identificar a autocorrelação espacial da produtividade da soja. O GeoDa também possibilitou a construção de diagramas de dispersão e mapas LISA para mapeamento de clusters. É importante pontuar que todas as análises foram realizadas no software com 99.999 permutações, dando mais robustez aos resultados obtidos.

Por fim, foi realizada uma análise de robustez para verificar a consistência dos padrões espaciais detectados, comparando resultados com diferentes matrizes de pesos espaciais ( $k=10$ ,

k-15 e k-20). Essas análises, realizadas com 99.999 permutações e calculadas através do Excel, garantiram que os padrões identificados fossem confiáveis e representativos das características reais dos dados, como demonstrado na Tabela 2.

#### 4. Resultados

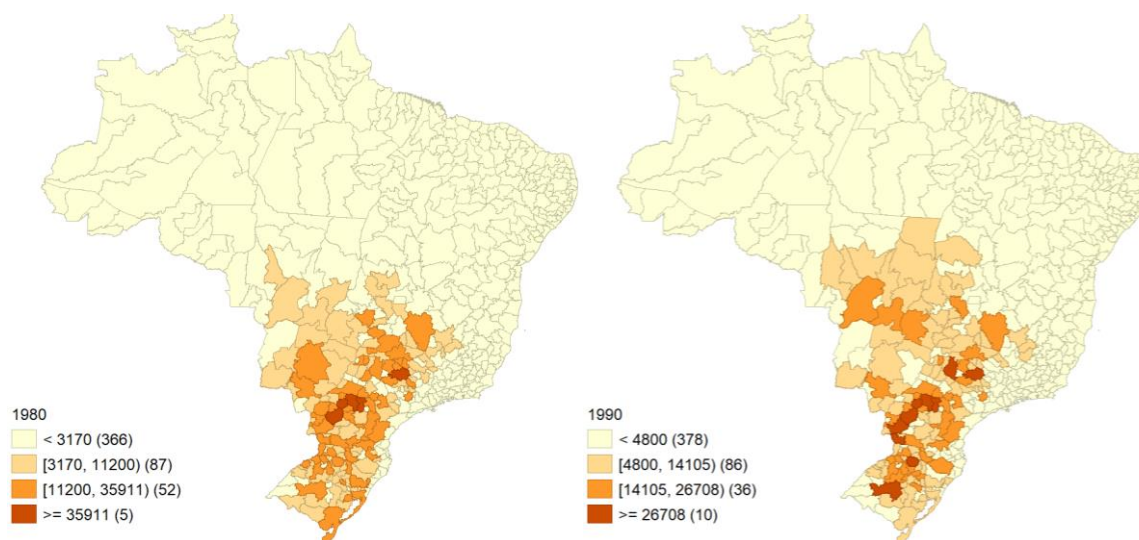
Primeiramente, foi realizada uma análise da produtividade da soja no Brasil nas Regiões Geográficas Intermediárias do Brasil entre 1975 e 2020. De acordo com as informações contidas nos mapas da figura 1 houve um crescimento significativo e uma reorganização espacial da produção.

Na década de 1980, a concentração produtiva no Sul, deu lugar ao avanço da fronteira agrícola para o Centro-Oeste nos anos 1990, que emergiu como novo polo, impulsionado pela mecanização e adoção de tecnologias modernas, como mostra as pesquisas feitas por Almeida (2004), Dall'Agnol (2008) e Mendonça (2019), além de se aproveitar da expansão da fronteira agrícola, como salienta o trabalho de Warnken (2003).

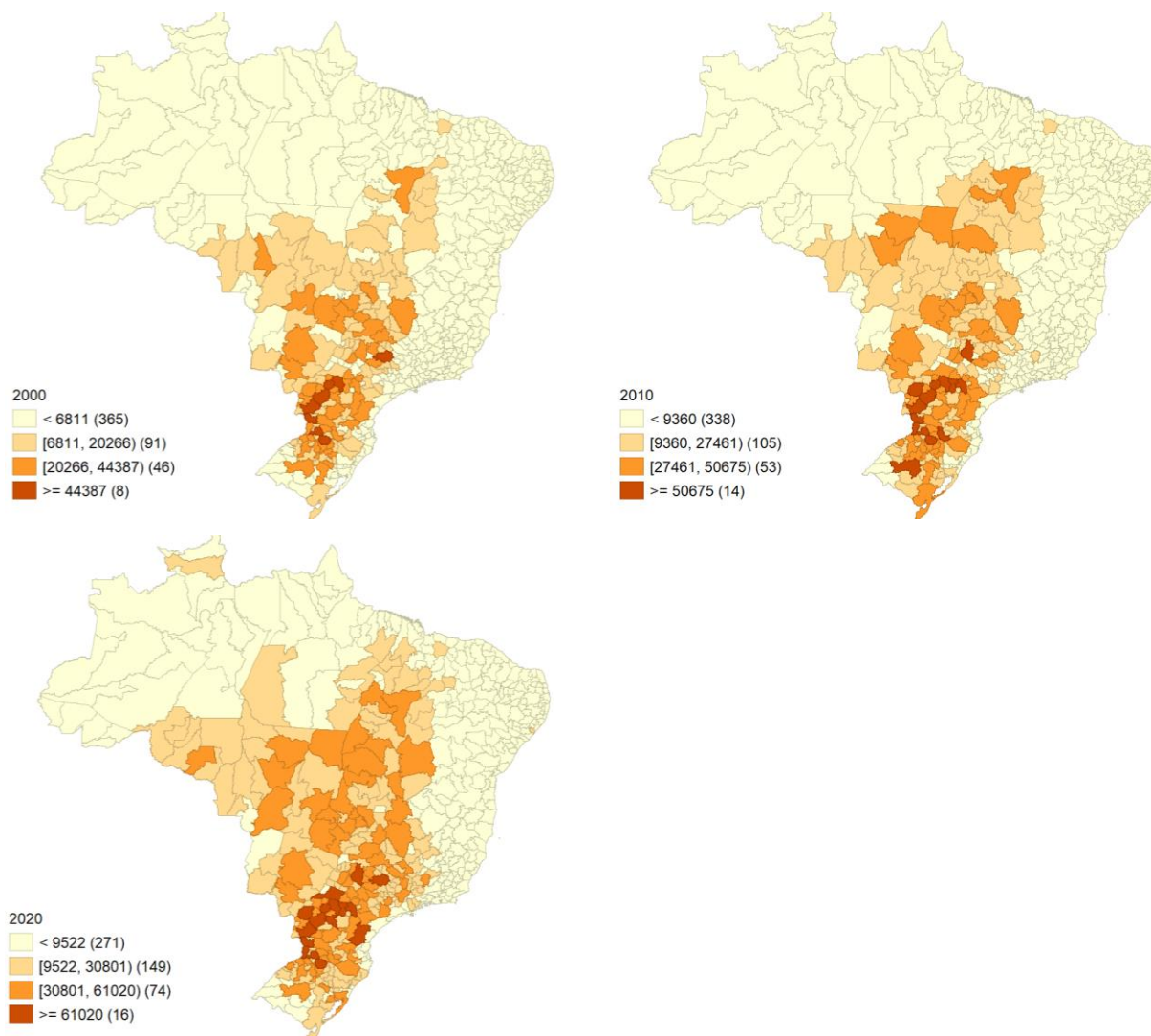
O Mato Grosso consolidou-se como principal produtor nacional nos anos 2000, com ganhos expressivos de produtividade através de sementes transgênicas e manejo intensivo. Paralelamente, a região MATOPIBA emergiu como nova fronteira agrícola na década seguinte, registrando crescimento de 253% na área plantada entre 2000 e 2014. Hirakuru e Lazzarotto (2014, p. 25) destacam que "na abertura dos anos 2000, o estado (Mato Grosso) já contava com a maior área e a maior produção nacional de soja, esta última suportada por elevados ganhos de produtividade durante o período". Goiás seguiu como um importante polo produtor, com rendimentos impulsionados pela adoção de sementes geneticamente modificadas e práticas avançadas de manejo agrícola. Nesse contexto, Capoane (2022, p. 11) ressalta que "a produção intensiva de soja utiliza sementes geneticamente modificadas, altas doses de fertilizantes e agrotóxicos", evidenciando o papel central das tecnologias modernas no aumento da produtividade. Assim, nos anos 2010, a região MATOPIBA emerge como nova fronteira agrícola, adentrando no cerrado de forma predatória, de forma que, segundo Costa e Carneiro (2016, p.10) essa região aumentou a área de soja de um milhão para 3,4 milhões de hectares representando um crescimento de 253% no período de 2000 a 2014.

E em 2020, a produção manteve-se concentrada no Centro-Oeste e Sul, evidenciando como fatores tecnológicos, logísticos e políticos moldaram a expansão sojifeira. Esta trajetória consagrou o Brasil como líder global na produção, embora revele padrões distintos de desenvolvimento regional.

Figura 1 - Produtividade média de soja (kg/ha)







Elaborado pelo autor com base no programa GeoDa. Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal

A aplicação do Índice de Moran Global permitiu identificar padrões espaciais significativos na distribuição da produtividade da soja ao longo do período estudado. Os resultados, apresentados na Tabela 1, revelam uma trajetória marcada por três fases distintas de desenvolvimento espacial. Na fase inicial (1975-1985), os valores do índice, embora elevados (variando entre 0,5490 e 0,5970), apresentaram certa instabilidade, refletindo o processo de estruturação dos polos produtivos tradicionais na regiões Sul.

O período subsequente (1990-2005) caracterizou-se por crescimento consistente do índice, que saltou de 0,5660 para 0,6210, um incremento de 9,72%. Esta fase coincide com o avanço da fronteira agrícola para o Centro-Oeste, impulsionado pela adoção de pacotes tecnológicos adaptados ao Cerrado e por políticas públicas de fomento. A autocorrelação espacial atingiu seu ápice em 2010 (0,6380), demonstrando o alto grau de concentração espacial da produtividade neste período.

A significância estatística desses resultados é atestada pelos valores-Z, todos superiores a 29 (variando entre 29,76 e 34,27), com  $p < 0,001$ . A consistência metodológica é evidenciada pela estabilidade dos desvios padrão (entre 0,0185 e 0,0187) e das médias esperadas (-0,0020) ao longo de toda a série temporal.

O período pós-2010 apresenta uma inflexão relevante, com declínio moderado do índice para 0,6160 em 2015 e 0,6100 em 2020. Esta tendência pode ser interpretada como: (i) um



processo inicial de desconcentração produtiva; (ii) o surgimento de novos polos em regiões periféricas (como o MATOPIBA); ou (iii) a estabilização do padrão espacial após intenso processo de concentração.

A persistência da autocorrelação espacial positiva ao longo de todo o período (valores sempre significativamente acima do esperado) configura um padrão claro de dependência espacial, onde regiões de alta produtividade tendem a se agrupar, assim como as de baixo desempenho.

A análise demonstra que o desenvolvimento da sojicultura brasileira não ocorreu de forma aleatória no território, mas seguiu padrões espaciais bem definidos, com forte componente de aglomeração. Esses resultados fornecem subsídios valiosos para o planejamento agrícola regional, destacando a importância de considerar as interações espaciais no desenho de políticas de desenvolvimento territorial.

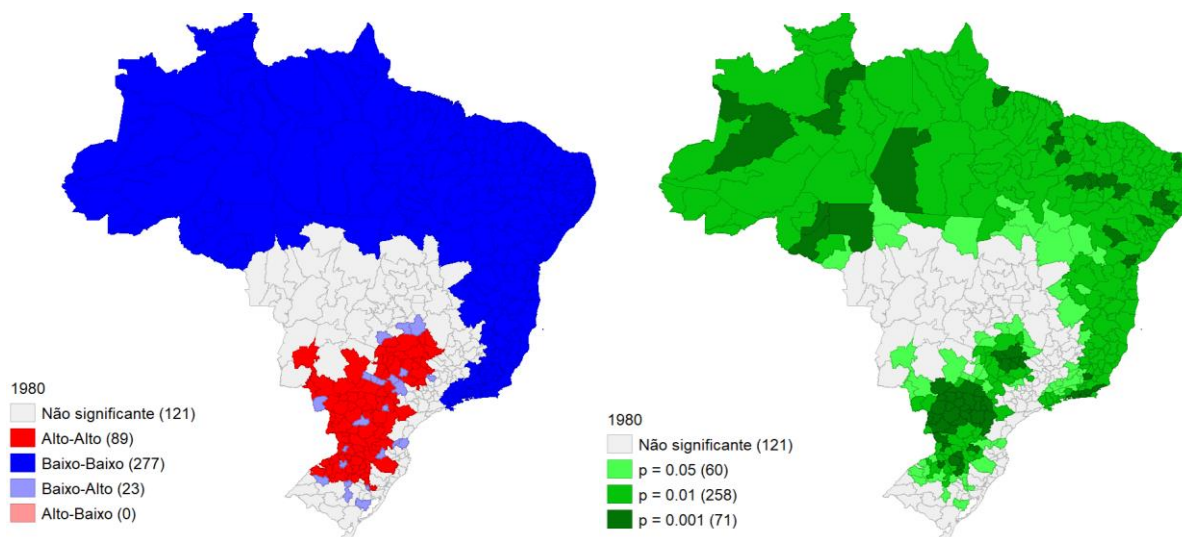
Tabela 1 - Índice de Moran – Teste de Autocorrelação Espacial

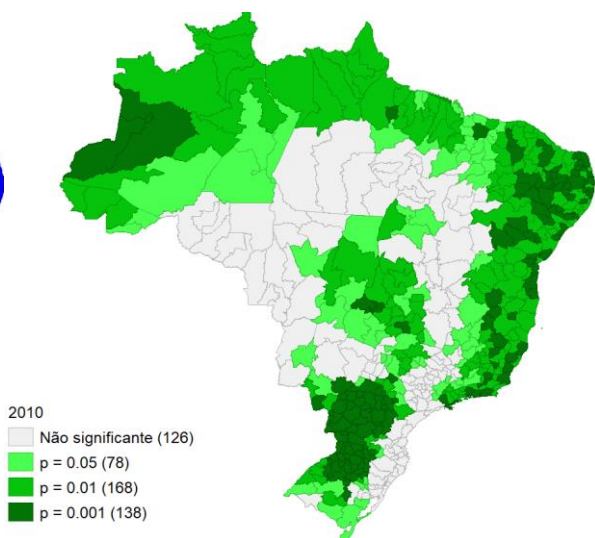
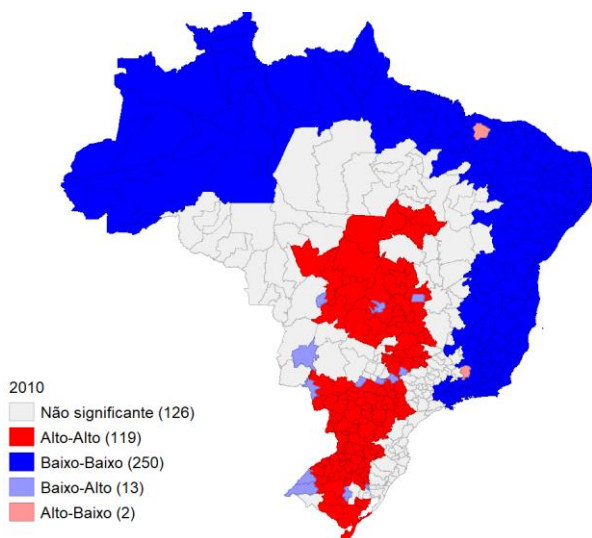
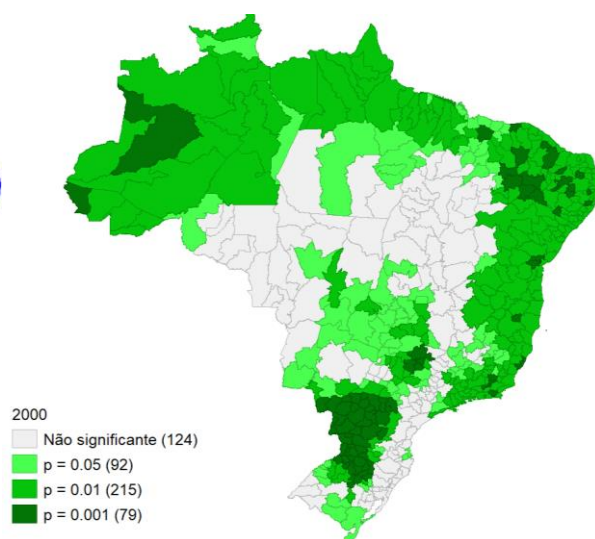
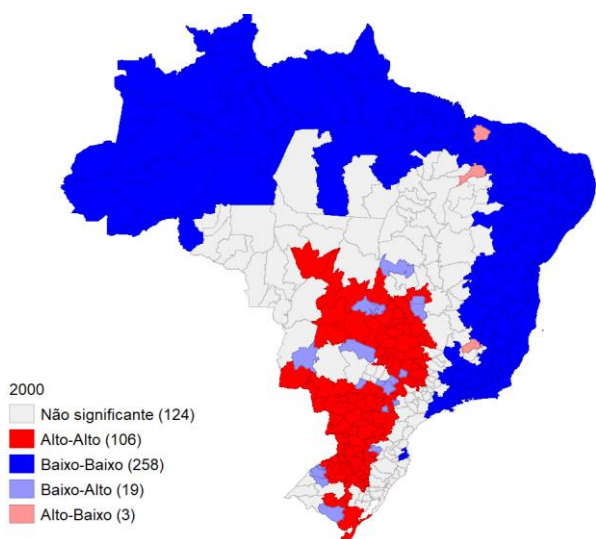
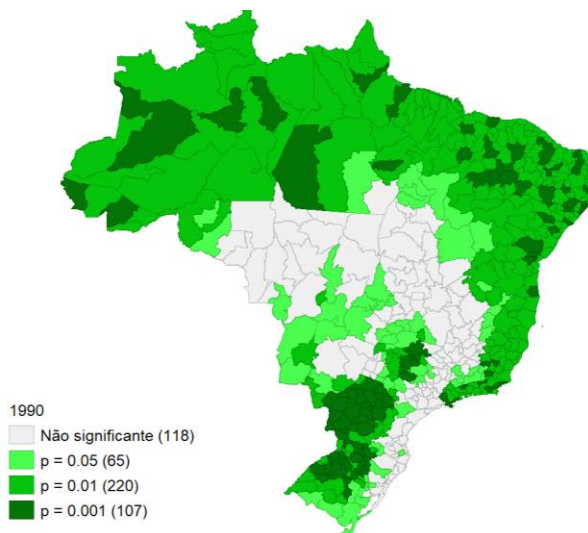
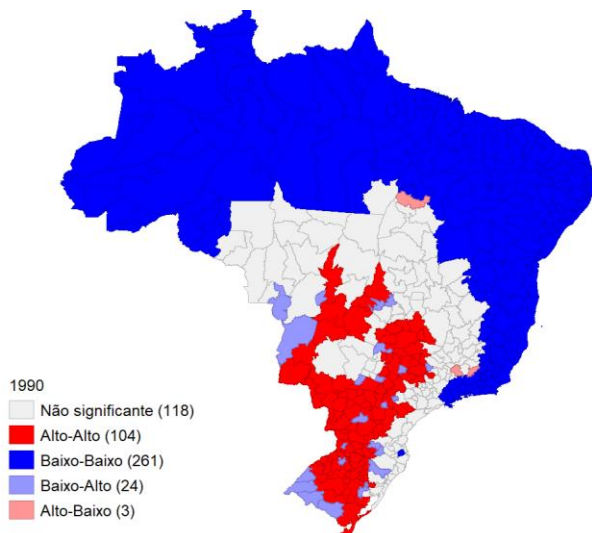
| Ano  | Índice de Moran | Média   | Desvio Padrão | Z-Value |
|------|-----------------|---------|---------------|---------|
| 1975 | 0,5970          | -0,0020 | 0,0185        | 32,42   |
| 1980 | 0,5520          | -0,0020 | 0,0185        | 29,99   |
| 1985 | 0,5490          | -0,0020 | 0,0185        | 29,76   |
| 1990 | 0,5660          | -0,0020 | 0,0185        | 30,61   |
| 1995 | 0,5720          | -0,0020 | 0,0186        | 30,87   |
| 2000 | 0,5980          | -0,0020 | 0,0186        | 32,21   |
| 2005 | 0,6210          | -0,0020 | 0,0187        | 33,34   |
| 2010 | 0,6380          | -0,0020 | 0,0187        | 34,27   |
| 2015 | 0,6160          | -0,0020 | 0,0187        | 33,07   |
| 2020 | 0,6100          | -0,0020 | 0,0187        | 32,77   |

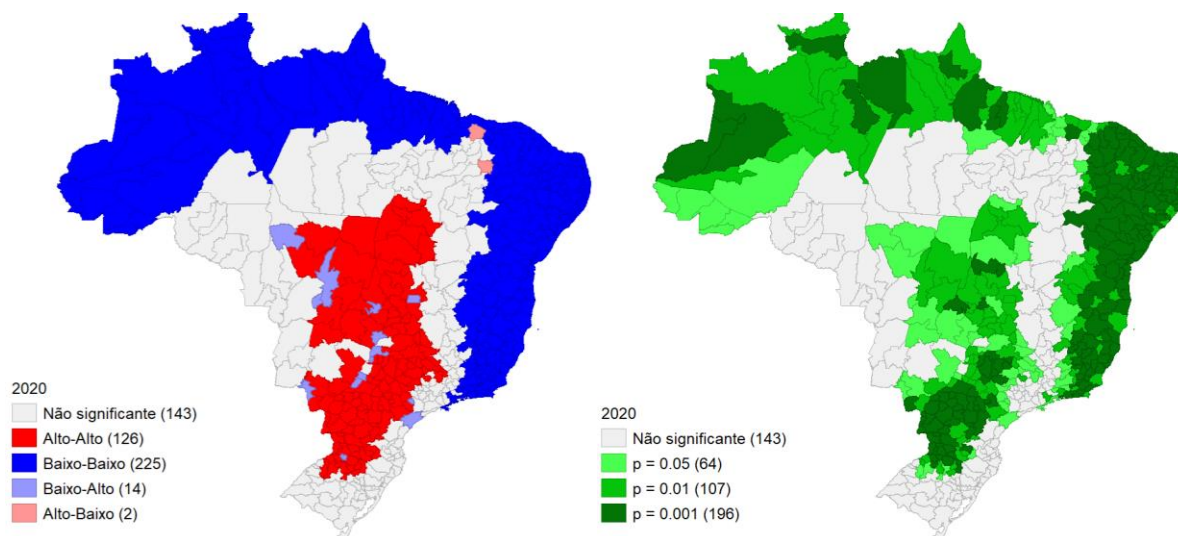
Elaborado pelo autor com base no programa GeoDa e Excel. Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal

Em relação aos indicadores locais de associação espacial (LISA) representado pela Figura 2, observa-se uma concentração Alto-Alto nas regiões Sul e Sudeste, especialmente no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em contrapartida, o padrão Baixo-Baixo prevalece em grande parte do Norte e Nordeste do país. Entretanto ao longo desses anos, observa-se uma intensificação do padrão Alto-Alto no Centro-Oeste, que é corroborado pela expansão agrícola nessa região. No Sul, o padrão permanece consolidado, enquanto no Norte e Nordeste os agrupamentos Baixo-Baixo se mantêm.

Figura 2 - Padrões locais para produtividade média – I de Moran Local







Elaborado pelo autor com base no programa GeoDa. Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal

Entre 2000 e 2010, os mapas revelam a consolidação do Centro-Oeste, especialmente em Mato Grosso e Goiás, como novos polos Alto-Alto, destacando o avanço da fronteira agrícola e a adoção de tecnologias modernas, como sementes resistentes ao clima e solo do cerrado. Os valores do Índice de Moran atingem 0,621 em 2005 e 0,638 em 2010, o ponto mais alto da série histórica, sugerindo forte concentração espacial durante esse período.

Por fim, nos anos mais recentes, o padrão Alto-Alto se estende para regiões do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), refletindo a emergência de novas fronteiras agrícolas. Apesar disso, há leve redução no Índice de Moran, com valores de 0,616 em 2015 e 0,610 em 2020, sugerindo uma possível dispersão ou estabilização espacial. Esses resultados, combinados com as análises de significância estatística nos mapas, evidenciam que a concentração espacial do fenômeno estudado apresentou forte crescimento até 2010, seguido por sinais de estabilização na última década.

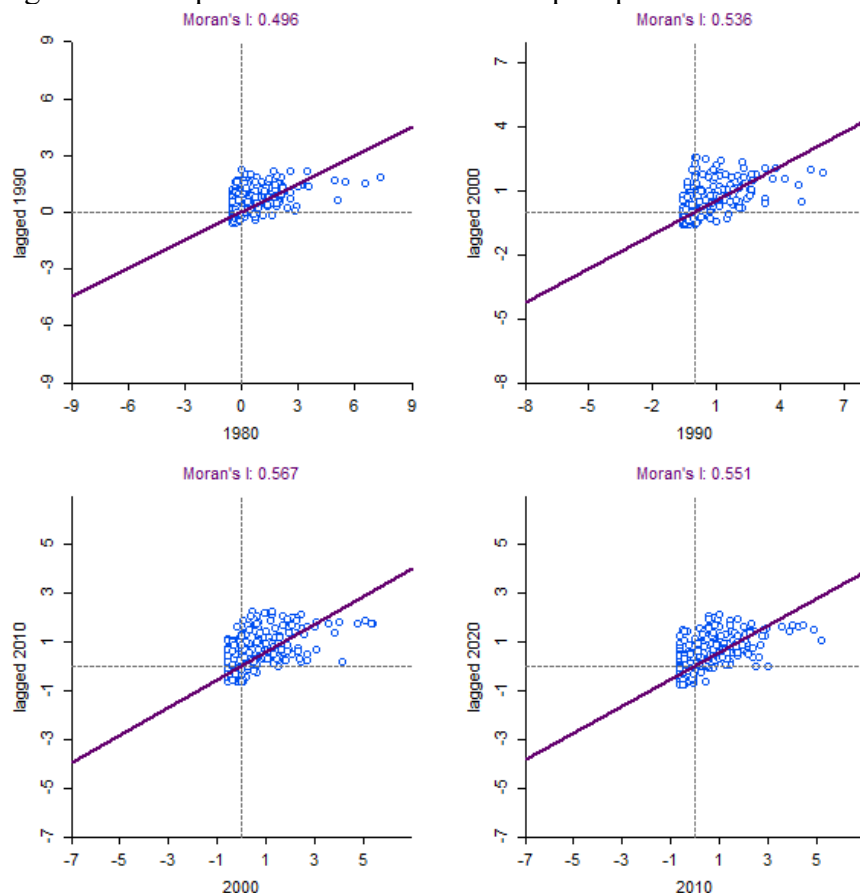
Em consonância com Perobelli et al. (2007), os Diagramas de Dispersão de Moran Bivariado, localizados na Figura 3, analisam a autocorrelação espacial temporal da produtividade média de soja nos períodos de 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010 e 2010-2020. Esses gráficos mostram a relação entre a produtividade de uma região em um período inicial e a produtividade das regiões vizinhas no período seguinte, permitindo identificar se regiões com alta produtividade no período inicial ( $t$ ) tendem a ser circundadas por regiões igualmente produtivas no período seguinte ( $t+1$ ), indicando um efeito de *spillover* positivo.

Ao examinar a trajetória temporal, observa-se três fases distintas. Na primeira fase (1975-2000), o índice apresentou relativa estabilidade, oscilando entre 0,549 e 0,598, refletindo a consolidação inicial dos polos de produção de soja no país. A segunda fase (2000-2010) foi marcada por um crescimento contínuo do índice, que atingiu seu pico de 0,638 em 2010. E a terceira fase (2010-2020), onde houve uma ligeira redução nos valores do índice (0,616 em 2015 e 0,610 em 2020), indicando um processo de interiorização da produção para áreas menos tradicionais ou uma certa saturação nas regiões de expansão mais recente.

Essa leve diminuição do Índice de Moran nos anos mais recentes pode refletir tanto a maturação do setor quanto o surgimento de novos padrões de produção. Por um lado, a difusão de tecnologias para regiões anteriormente menos produtivas pode estar reduzindo as disparidades espaciais. Por outro, a incorporação de áreas com características edafoclimáticas distintas pode estar criando arranjos produtivos menos dependentes dos clusters tradicionais. Essa tendência merece atenção em estudos futuros, pois pode indicar uma transição para um novo padrão espacial de produção agrícola no país.



Figura 3 - Diagrama de Dispersão de Moran Bivariado para produtividade média



Nota: O eixo X se refere a produtividade média de soja relacionada ao próximo período (10 anos). O eixo Y se refere a defasagem espacial da produtividade média de soja no período.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no programa GeoDa. -Pesquisa Agrícola Municipal

Já os Mapas de Clusters Bivariados, localizados na Figura 4, complementam as análises dos Diagramas de Moran ao identificar espacialmente as regiões onde ocorrem clusters de produtividade. Esses mapas permitem visualizar não apenas a intensidade, mas também a localização precisa dos agrupamentos espaciais, destacando áreas onde altos (ou baixos) níveis de produtividade em um período estão associados a altos (ou baixos) níveis nas regiões vizinhas no período seguinte. A análise dessa distribuição espacial reforça a ideia de que a produtividade da soja no Brasil não apenas apresenta autocorrelação espacial, mas também segue padrões geográficos bem definidos, influenciados por fatores como solo, clima, infraestrutura e políticas públicas regionais.

Além disso, a análise temporal dos clusters revela como a dinâmica espacial da produtividade evoluiu ao longo das décadas. Entre 1980 e 2000, os clusters "Alto-Alto" expandiram-se do Sul em direção ao Centro-Oeste, refletindo a abertura de novas fronteiras agrícolas no Cerrado. Já no período de 2000 a 2020, observa-se uma consolidação desses clusters nas regiões tradicionalmente produtivas, ao mesmo tempo em que surgem núcleos isolados de alta produtividade em áreas do MATOPIBA, indicando uma interiorização gradual da produção. Por outro lado, os clusters "Baixo-Baixo" mostram menor mobilidade, permanecendo em regiões com limitações estruturais, como falta de acesso a tecnologia ou logística inadequada. Essa persistência de desigualdades regionais sugere que, embora a produtividade média nacional tenha aumentado, certas áreas ainda enfrentam barreiras para integrar-se plenamente ao ciclo de desenvolvimento agrícola.

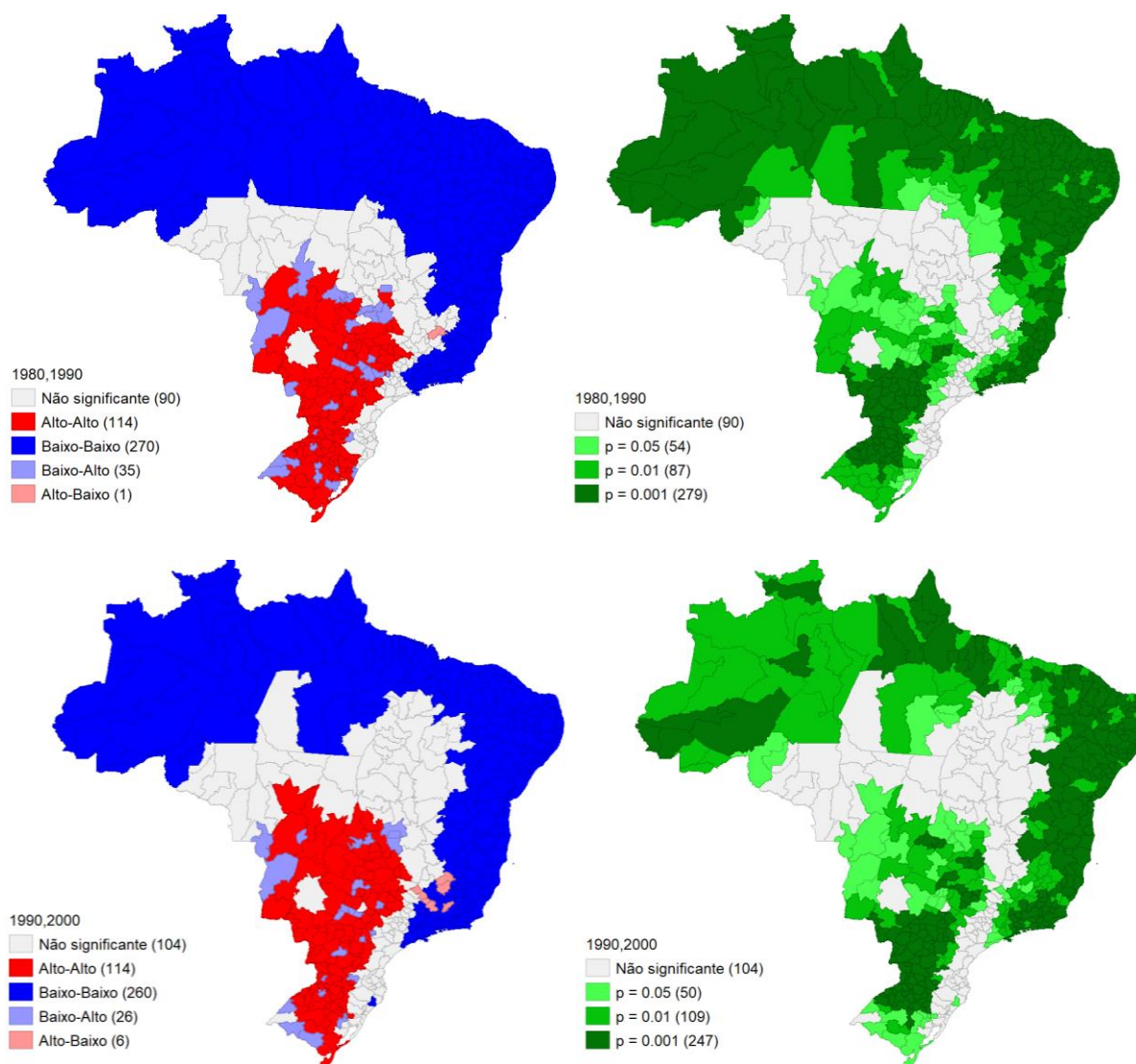
Por fim, a identificação desses clusters tem implicações importantes para políticas públicas e investimentos privados. Regiões classificadas como "Alto-Alto" podem se beneficiar

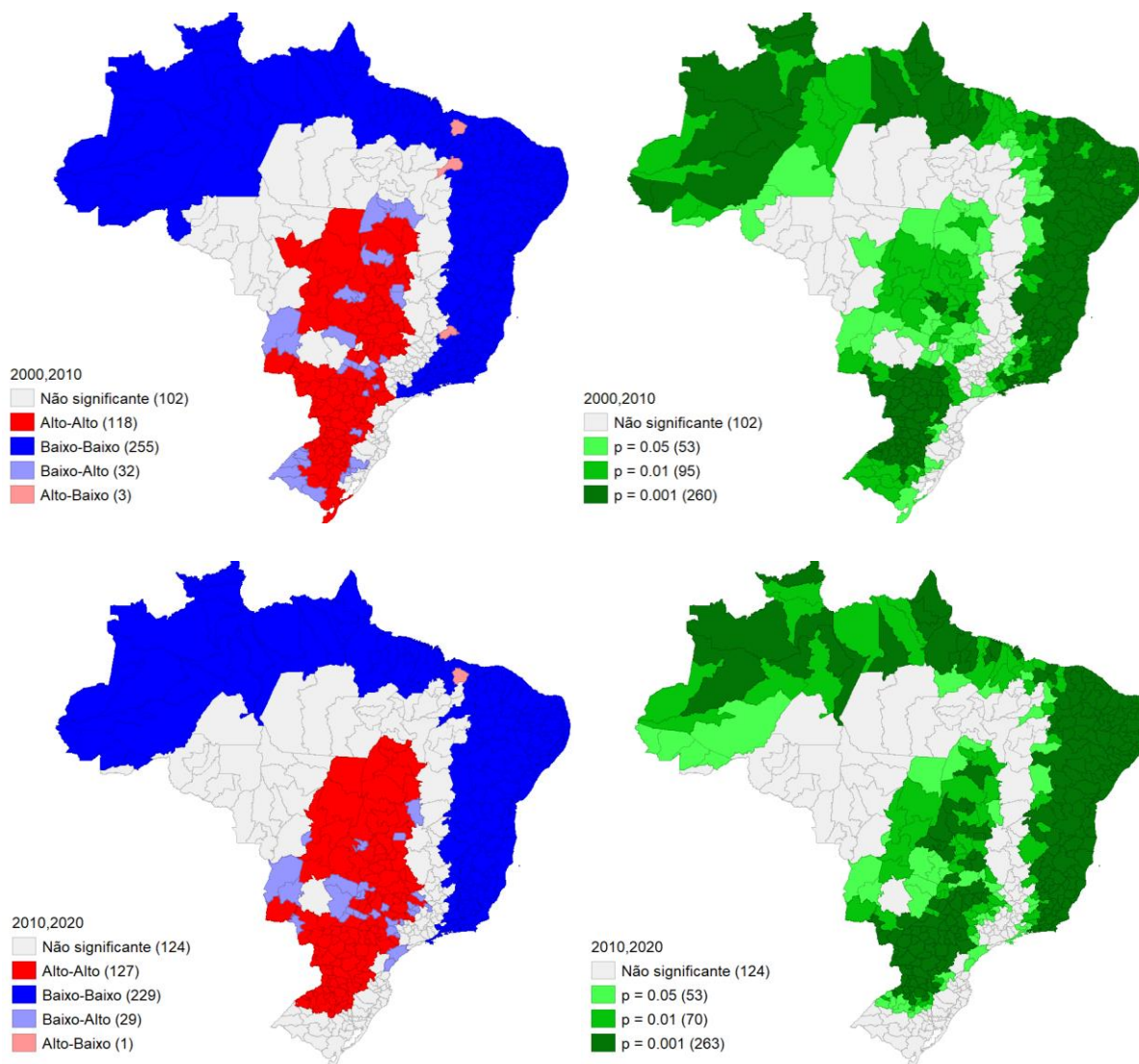


de ações que reforcem sua competitividade, como melhoria da infraestrutura de escoamento e incentivos à inovação tecnológica. Já as áreas "Baixo-Baixo" demandam intervenções específicas, como programas de transferência de tecnologia, assistência técnica e financiamento rural, para reduzir as disparidades produtivas. Adicionalmente, os clusters "Alto-Baixo" e "Baixo-Alto" — que indicam transições ou contrastes espaciais — merecem atenção especial, pois podem representar tanto oportunidades de expansão agrícola quanto riscos de degradação ambiental. Resumidamente, os Mapas de Clusters Bivariados não apenas enriquecem a compreensão dos padrões espaciais da produtividade, mas também fornecem subsídios valiosos para o planejamento agrícola em escala regional e nacional.

Portanto, os resultados dos Diagramas de Moran Bivariado e dos Mapas de Clusters Bivariados confirmam uma persistência espacial e temporal na produtividade da soja no Brasil. Regiões de alta produtividade no passado continuam a desempenhar um papel de liderança, enquanto áreas de baixa produtividade enfrentam desafios estruturais para acompanhar o desenvolvimento. A autocorrelação positiva reflete o caráter cumulativo do aumento da produtividade e de expansões territoriais, o que pode orientar políticas públicas e investimentos futuros para reduzir as desigualdades regionais no setor agrícola.

Figura 4 – Mapas de clusters bivariados da produtividade média de soja





Elaborado pelo autor com base no programa GeoDa. Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal

Por fim, foi feita uma análise de robustez utilizando a matriz de transição de probabilidades para avaliar a estabilidade das estatísticas LISA ao variar o número de vizinhos ( $k$ ) entre  $k=10$ ,  $k=15$  e  $k=20$  conforme tabela 2. A robustez é fundamental para verificar a persistência dos padrões espaciais de produtividade da soja, indicando que os padrões espaciais de produtividade da soja são altamente robustos para as classes Alto-Alto e Baixo-Baixo independentemente do valor de  $k$ . Os resultados demonstram alta consistência nas classificações de clusters espaciais, particularmente para as categorias Alto-Alto (AA) e Baixo-Baixo (BB), conforme evidenciado na Tabela 2. No entanto, a classe Não-Significante apresenta maior sensibilidade à variação do número de vizinhos, com uma tendência de transição para padrões mais definidos conforme  $k$  aumenta. A presença limitada de outliers espaciais (AB e BA) sugere que os padrões predominantes são de clusters positivos (AA e BB).

Estes resultados permitem três conclusões principais: (1) os clusters de alta e baixa produtividade apresentam forte robustez metodológica, sendo pouco sensíveis a variações na definição de vizinhança; (2) a classificação Não-Significante engloba casos limítrofes que podem ser reclassificados como clusters significativos quando se altera o parâmetro espacial; e (3) a presença de outliers é consistente, porém menos frequente, sugerindo que os padrões dominantes são de autocorrelação espacial positiva.

A consistência desses achados reforça a validade das conclusões sobre a estrutura espacial da produtividade da soja no Brasil, indicando que os padrões identificados não são artefatos metodológicos, mas sim características intrínsecas da distribuição territorial da atividade agrícola. Esta robustez analítica confere maior confiabilidade às inferências políticas e teóricas derivadas do estudo, particularmente no que concerne à persistência das desigualdades regionais e à formação de polos de excelência produtiva.

Tabela 2 – Análise de robustez das estatísticas LISA para produtividade média da soja

| k=10 para k=15 |      |       |      |       |     |      |      |      |       |       |      |      |      |      |       |
|----------------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 1980           |      |       |      |       |     | 2000 |      |      |       |       | 2020 |      |      |      |       |
|                | NS   | AA    | BB   | AB    | BA  | NS   | AA   | BB   | AB    | BA    | NS   | AA   | BB   | AB   | BA    |
| NS             | 75,8 | 11,3  | 5,6  | 7,3   | 0,0 | 79,4 | 6,1  | 5,3  | 8,4   | 0,8   | 78,9 | 11,6 | 4,8  | 4,1  | 0,7   |
| AA             | 0,0  | 100,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 2,9  | 97,1 | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,8  | 99,2 | 0,0  | 0,0  | 0,0   |
| BB             | 0,4  | 0,0   | 99,6 | 0,0   | 0,0 | 1,2  | 0,0  | 98,8 | 0,0   | 0,0   | 1,3  | 0,0  | 98,7 | 0,0  | 0,0   |
| AB             | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 100,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 100,0 | 0,0   | 6,7  | 0,0  | 0,0  | 93,3 | 0,0   |
| BA             | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 100,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 100,0 |

| k=15 para k=20 |      |       |      |       |     |      |       |      |       |       |      |       |      |       |       |
|----------------|------|-------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 1980           |      |       |      |       |     | 2000 |       |      |       |       | 2020 |       |      |       |       |
|                | NS   | AA    | BB   | AB    | BA  | NS   | AA    | BB   | AB    | BA    | NS   | AA    | BB   | AB    | BA    |
| NS             | 74,7 | 12,6  | 6,3  | 5,3   | 1,1 | 80,9 | 10,0  | 3,6  | 5,5   | 0,0   | 80,2 | 6,6   | 5,0  | 8,3   | 0,0   |
| AA             | 0,0  | 100,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 0,0  | 100,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 100,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0   |
| BB             | 0,7  | 0,0   | 99,3 | 0,0   | 0,0 | 1,9  | 0,0   | 98,1 | 0,0   | 0,0   | 1,8  | 0,0   | 98,2 | 0,0   | 0,0   |
| AB             | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 100,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 100,0 | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 100,0 | 0,0   |
| BA             | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 100,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 100,0 |

| k=10= para k=20 |      |       |      |       |     |      |      |      |       |       |      |      |      |       |       |
|-----------------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 1980            |      |       |      |       |     | 2000 |      |      |       |       | 2020 |      |      |       |       |
|                 | NS   | AA    | BB   | AB    | BA  | NS   | AA   | BB   | AB    | BA    | NS   | AA   | BB   | AB    | BA    |
| NS              | 58,1 | 21,0  | 8,9  | 11,3  | 0,8 | 66,4 | 13,7 | 6,1  | 13,0  | 0,8   | 65,3 | 17,0 | 6,8  | 10,2  | 0,7   |
| AA              | 0,0  | 100,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 1,9  | 98,1 | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,8  | 99,2 | 0,0  | 0,0   | 0,0   |
| BB              | 0,4  | 0,0   | 99,6 | 0,0   | 0,0 | 2,0  | 0,0  | 98,0 | 0,0   | 0,0   | 1,8  | 0,0  | 98,2 | 0,0   | 0,0   |
| AB              | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 100,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 100,0 | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 100,0 | 0,0   |
| BA              | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 100,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 100,0 |

Elaborado pelo autor com base nos resultados programa GeoDa e do Excel. Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal

Portanto, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo a produtividade da soja no Brasil cresceu, com deslocamento espacial da produção para o Centro-Oeste e maior homogeneização dos níveis de produtividade no território nacional. Além disso observou-se que a dinâmica espacial demonstra uma evolução dos clusters de alta produtividade (AA) ao longo do tempo, com expansão progressiva do Sul-Sudeste para o Centro-Oeste e, em menor grau, para o Norte e Nordeste, embora que, por outro lado, os clusters de baixa produtividade (BB) persistem em algumas regiões, mas com sinais de redução ao final do período. E Os resultados apontam para um processo de convergência, onde as regiões de menor produtividade inicial tendem a se aproximar dos níveis de produtividade das regiões mais avançadas. Entretanto, persistem desigualdades regionais, especialmente nas RGI's do Norte e Nordeste.

## 5. Conclusão

O presente estudo analisou a dinâmica espaço-temporal da produtividade da soja no Brasil entre 1975 e 2020, utilizando métodos de análise espacial para identificar padrões de concentração e convergência regional. Os resultados evidenciam uma trajetória marcada por significativa expansão territorial e ganhos de produtividade, porém com persistentes assimetrias regionais.

Os objetivos deste estudo orbitaram em analisar a evolução temporal da produtividade média da soja no Brasil entre 1975 e 2020, identificar os padrões espaciais e a formação de clusters de produtividade e verificar a convergência entre as regiões geográficas intermediárias.



A partir da análise realizada, foi possível observar que a produtividade da soja apresentou crescimento consistente ao longo das décadas, com avanços mais significativos em períodos marcados pela adoção de novas tecnologias e pela expansão para áreas de fronteira agrícola, como a região MATOPIBA. Inicialmente concentrada no Sul do país, a produção de soja deslocou-se progressivamente para o Centro-Oeste a partir dos anos 1970, consolidando-se posteriormente na região MATOPIBA. Essa reorganização espacial foi impulsionada por um conjunto de fatores, incluindo políticas governamentais de incentivo, desenvolvimento de tecnologias adaptadas ao Cerrado pela EMBRAPA, e a crescente demanda internacional por commodities agrícolas. A análise do Índice de Moran Global revelou forte autocorrelação espacial positiva ao longo do período estudado, com valor máximo em 2010 (0,638), indicando que regiões de alta produtividade tendem a se agrupar espacialmente.

Os resultados demonstram uma trajetória marcada por expansão territorial, ganhos de produtividade e persistência de desigualdades regionais, com implicações significativas para políticas públicas e sustentabilidade agrícola, indicando a formação de clusters de alta produtividade em regiões do Centro-Oeste e Sul e reforçando o papel dessas áreas como polos de excelência na produção agrícola nacional. A análise espacial evidenciou também a persistência de regiões com baixa produtividade, principalmente em áreas do Norte e Nordeste, o que sugere desafios relacionados à difusão tecnológica, à infraestrutura e as condições edafoclimáticas.

Do ponto de vista metodológico, a utilização de Regiões Geográficas Imediatas (RGI) como unidade de análise permitiu capturar heterogeneidades intraestaduais que frequentemente são mascaradas em abordagens macrorregionais. A robustez dos resultados foi confirmada através de testes com diferentes matrizes de pesos espaciais ( $k=10$ ,  $k=15$ ,  $k=20$ ), demonstrando a consistência dos padrões identificados.

Com base nos achados, recomenda-se o fortalecimento de políticas públicas que fomentem a transferência de tecnologia, especialmente em regiões com baixa produtividade, além de investimentos em infraestrutura de transporte e logística, que podem contribuir para reduzir desigualdades regionais e aumentar a competitividade do setor agrícola brasileiro. Adicionalmente, políticas que promovam práticas agrícolas sustentáveis e reduzam os impactos ambientais da expansão da soja são essenciais para garantir a longevidade do setor.

Como limitações do estudo, cabe ressaltar que a análise focou predominantemente em variáveis produtivas, não incorporando sistematicamente fatores socioeconômicos e ambientais que também influenciam a dinâmica da sojicultura. Além disso, este estudo, embora robusto em sua abordagem metodológica, apresenta algumas limitações. A análise foi restrita a dados municipais e utilizou matrizes de pesos espaciais baseadas em vizinhança fixa, o que pode simplificar algumas dinâmicas mais complexas de interdependência espacial. Sugere-se que pesquisas futuras possam: (i) investigar os determinantes locais da produtividade em diferentes contextos regionais; (ii) analisar os impactos ambientais da expansão da soja em biomas sensíveis; e (iii) incorporar variáveis climáticas para avaliar a vulnerabilidade da produção diante das mudanças climáticas.

Em síntese, os resultados deste trabalho reforçam o papel estratégico da soja na economia brasileira, ao mesmo tempo em que destacam os desafios para um desenvolvimento territorial mais equilibrado e a importância de uma gestão eficiente que equilibre desenvolvimento econômico com equidade social e sustentabilidade ambiental. A combinação entre análise espacial e perspectiva histórica adotada neste estudo oferece subsídios valiosos para políticas públicas que visem não apenas aumentar a produtividade, mas também reduzir desigualdades regionais e promover a sustentabilidade do agronegócio brasileiro. O caminho para consolidar o Brasil como líder global na produção de soja passa necessariamente pela capacidade de conciliar eficiência produtiva com equidade territorial e responsabilidade ambiental.

## 6. Referências

ALMEIDA, E. S. 2012. *Econometria espacial aplicada*. Campinas-SP: Alínea.

ALMEIDA, Lígia Osório de; VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. Condicionantes da Modernização da Soja no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 18, n. 52, p. 135-156, 2004.

ANSELIN, L. (1995) "Local indicators of spatial association - LISA". *Geographical Analysis*.

ANTUNES, Luzia; STEGE, Alysson Luiz. Análise espacial da convergência da produtividade agrícola brasileira (1990-2018). 2020. Disponível em: [https://www.anpec.org.br/sul/2020/submissao/files\\_I/i4-331f85f12cba37\\_f0a94d0f7c78d68654.pdf](https://www.anpec.org.br/sul/2020/submissao/files_I/i4-331f85f12cba37_f0a94d0f7c78d68654.pdf) Acesso em: 4 abr. 2025.

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio; HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; FRANCHINI, Julio Cezar; DEBIASI, Henrique; RIBEIRO, Ricardo Henrique. Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016). Londrina: Embrapa Soja, 2017. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).

BARROS, André; SILVA, Fernanda. A economia política do complexo soja-carne, Brasil-China. In: *Estudos Econômicos*, v. 45, n. 3, 2020.

BARROZO, João Carlos; ROSA, Juliana Cristina da. A expansão do cultivo da soja no Brasil através dos dados oficiais. *Pampa*, v. 18, p. 79-98, jul./dez. 2018.

Base dos Dados. Pesquisa Agrícola Municipal (PAM): 1974 a 2022. Acesso via: PAM - Base dos Dados. Acesso em: 2 nov. 2024.

CAPOANE, Viviane. Expansão da soja no estado de Mato Grosso do Sul no período entre 1988 e 2020. In: *Mato Grosso do Sul: contribuição para os estudos socioambientais*. Volume 4. 2023.

CARDOSO, D. P.; SCHAAB, L. L.; PARRÉ, J. L. Análise espacial da produtividade do café na região Sudeste do Brasil: 1990-2015. *Economia Ensaio*, Uberlândia, v. 34, n. 1, p. 180-201, 2019.

CASTRO, Lucas Siqueira de; ALMEIDA, Eduardo Simões de; LIMA, João Eustáquio de. A convergência espacial da produtividade de soja no Brasil: o caso das regiões Centro-Oeste e Sul. *Revista Espaços*, v. 36, n. 21, 2015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a15v36n21/15362121.html>. Acesso em: 04 abr. 2025.

COSTA, Mariana; CARNEIRO, Arnaldo F. A expansão da soja no Cerrado: caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. São Paulo: Editora Ambiental, 2018

DALL'AGNOL, A. Soja: o fenômeno brasileiro. Londrina: EMBRAPA, 2008

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina, PR: *Embrapa Soja*, 2014. (Documentos, 349).

IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal (PAM). Acesso via: PAM - IBGE. Acesso em: 1 nov. 2024.

IBGE. Publicações: Pesquisa Agrícola Municipal (PAM). Acesso via: PAM – IBGE. Acesso em: 1 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JÚNIOR, J. E. R.; LIMA, E. S. Distribuição espacial das atividades agrícolas e não agrícolas nas microrregiões piauienses. *Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional*, Taquara, v. 19, n. 4, p. 207-212, 2022.

LAZZAROTTO, Joelsio José; GARAGORRY, Fernando Luiz; HIRAKURI, Marcelo Hiroshi. Dinâmica espacial da produção brasileira de soja no período de 1975 a 2003. Londrina: Embrapa, 2010. Disponível em: <http://www.gov.br/embrapa>. Acesso em: 06 abr. 2025.

MARTINS, Fábio; SILVA, Jorge. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva. In: *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. XX, n. X, p. 231, 2019.

MENDONÇA, Margarida Vieira. Modernização da Agricultura, Expansão da Soja no Brasil e as Transformações Socioespaciais no Paraná. *Revista de Geografia Agrária*, v. 34, n. 1, p. 165-190, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). FAOSTAT: Base de Dados Estatísticos. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 3 dez. 2024.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro; ALMEIDA, Eduardo Simões de; ALVIM, Maria Isabel da Silva A.; FERREIRA, Pedro Guilherme Costa. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 65-91, jan./abr. 2007.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro; BUAINAIN, Antonio Márcio; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de; VINHOLIS, Maria de Marilena Barros. Produtividade do setor agrícola brasileiro: 1991-2003. Brasília: IPEA, 2007.

RAIHER, A. P.; DANTAS, M. A.; ROSSINI, E. M. Convergência da produtividade agropecuária do sul do Brasil: uma análise espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 54, n. 1, p. 53-72, 2016.

SANTOS, Giovani Oliveira. Caracterização da distribuição e análise espacial da produtividade de milho no estado de Sergipe: efeitos para o seguro agrícola. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Atuariais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

VIDIGAL, Vinícius Gonçalves; VIDIGAL, Cláudia Bueno Rocha; PARRÉ, José Luiz. Distribuição espacial da produtividade da soja no Rio Grande do Sul: um estudo exploratório. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, Maringá, v. 40, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v40i2.33652>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307359693008>. Acesso em: 4 abr. 2025.

WARNKEN, Philip F. A influência da política econômica na expansão da soja no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 8, n. 1, 1999.