

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

VARIAÇÃO DA ÁREA DE CULTIVO DE SOJA NO ESTADO DE SÃO PAULO
DE 2012 A 2021

Mateus Basso Felici

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

VARIAÇÃO DA ÁREA DE CULTIVO DE SOJA NO ESTADO DE SÃO PAULO
DE 2012 A 2021

Mateus Basso Felici

Orientadora: Prof^a. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Coorientadora: M.^a Polyana Pereira

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para graduação em
ENGENHARIA AGRÔNOMICA.

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2023

F314v

Felici, Mateus Basso

Variação da área de cultivo de soja no estado de são paulo de 2012 a 2021 / Mateus Basso Felici. -- Jaboticabal, 2023

30 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

1. Economia agrícola. 2. Soja. 3. São Paulo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: Engenharia e Ciências Exatas

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Variação da área de cultivo de soja no estado de São Paulo de 2012 a 2021

ACADÊMICO: Mateus Basso Felici

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR (ES): Profª. Drª. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

COORIENTADORA: M.ª Polyana Pereira

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

Presidente Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Membro: Dr. Anildo Monteiro Caldas

Membro M.e. Felipe Del Massa Martins

(Assinaturas)

Documento assinado digitalmente

gov.br

ANILDO MONTEIRO CALDAS

Data: 18/12/2023 17:55:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal 6 / 12 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 18 / 12 / 2023

por ato "ad referendum"

Chefe do Departamento

P/ Prof. Dr. Danisio Prado Munari
Chefe do Depto. de Engenharia
e Ciências Exatas

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por serem meus maiores incentivadores, minha base, por terem me criado e me tornado em quem sou, meus mentores de vida.

Aos meus amigos da República por caminharem comigo nesse percurso de graduação e contribuírem imensamente para o meu crescimento pessoal.

Aos demais familiares e amigos, por sempre torcerem por mim, me impulsionando a seguir em frente.

A Prof^ª. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, minha orientadora, pela paciência e tempo dedicados a esse projeto, por me ajudar e conceder essa oportunidade.

Agradeço a minha coorientadora Polyana Pereira por me acompanhar durante todo o trabalho, por me instruir, orientar e sanar todas as dúvidas sempre que necessário.

Agradeço a UNESP, campus de Jaboticabal por todo o conhecimento e aprendizado disponibilizados, por cada pessoa e momento proporcionados por essa incrível universidade.

Sumário

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1. Importância do Agronegócio em São Paulo	9
2.2. Importância da soja	11
2.3. Importância da soja em São Paulo	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Área de estudo	13
3.2. Base de dados	14
3.3. Modelo Shift-Share	14
3.4. Mapas de cluster LISA	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	28

Variação da área de cultivo de soja no estado de São Paulo de 2012 a 2021

RESUMO

A soja apresenta uma cadeia produtiva altamente abrangente, é fonte proteica direta ou indireta da dieta de animais e humanos, além de afiançar outras cadeias produtivas. Nos próximos anos, a demanda por soja se mostrará crescente paralela ao crescimento populacional. O Brasil é o maior produtor e exportador de soja no mundo, portanto, a fim de nortear futuras lavouras de soja no estado de São Paulo, este estudo avaliou a evolução da área de cultivo e produção de soja do Estado de São Paulo em mesorregiões. As mesorregiões que se destacaram foram Itapetininga e Assis. Nesse estudo utilizou-se o modelo shift-share para analisar a produção de soja no período de 2012 a 2021, e o Índice Local de Autocorrelação Espacial (LISA), através do software Geodata Analysys, para analisar a autocorrelação espacial das áreas de cultivo da monocultura pertencentes a cada mesorregião. Os resultados do parâmetro estatístico LISA (Figura 5) são convergentes com o histórico da área, demonstrando que o crescimento da produção de soja no sudoeste paulista desde 1990 explica o destaque das mesorregiões de Assis e Itapetininga, devido a reorganização rural e urbana promovida pela soja que impulsiona a região.

PALAVRAS-CHAVE: Soja; Mesorregiões; São Paulo; autocorrelação

Variation of soybean cultivation area in the state of São Paulo from 2012 to 2021

ABSTRACT

Soy has a highly comprehensive production chain, it is a direct or indirect source of protein in the diet of animals and humans, in addition to supporting other production chains. In the coming years, the demand for soybeans will grow in parallel with population growth. Brazil is the largest producer and exporter of soybeans in the world, therefore, in order to guide future soybean crops in the state of São Paulo, this study evaluated the evolution of the soybean cultivation and production area in the State of São Paulo in mesoregions. The mesoregions that stood out were Itapetininga and Assis. In this study, the shift-share model was used to analyze soybean production in the period from 2012 to 2021, and the Local Spatial Autocorrelation Index (LISA), through the Geodata Analysys software, to analyze the spatial autocorrelation of soybean cultivation areas. monocultures belonging to each mesoregion. The results of the LISA statistical parameter (Figure 5) are convergent with the history of the area, demonstrating that the growth of soybean production in the southwest of São Paulo since 1990 explains the prominence of the mesoregions of Assis and Itapetininga, due to the rural and urban reorganization promoted by soybeans that drives the region.

Keywords: Soy; Mesoregions; São Paulo; autocorrelation

1. INTRODUÇÃO

Nos próximos anos, a população mundial e o poder aquisitivo continuarão incrementando as economias emergentes, principalmente as dos países asiáticos, onde está o maior potencial de consumo. A China importa cerca de 85% da soja que consome e possui apenas 7% de terras cultiváveis, mesmo aumentando a produção doméstica não é possível diminuir substancialmente a necessidade da compra externa sem alterar o consumo da soja, além disso, o país detém quase 18% da população mundial (1,4257 bilhão de pessoas), o que indica que as importações devem continuar cumprindo um papel essencial no mercado chinês (PORTO; DE SOUSA, 2022).

Estudos indicam que em 2050 a população da Terra atingirá 9 bilhões, o que demandará 333,6 milhões de toneladas de alimento (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). Em razão da grande importância da soja na alimentação humana e animal, além de inúmeras aplicações industriais, a demanda por seu grão será crescente, e o cenário futuro para soja é promissor. Considerando a previsão deste cenário, este estudo foi feito para avaliar a evolução da área de cultivo e produção de soja do Estado de São Paulo em mesorregiões de 2012 a 2021, a fim de nortear a instalação de futuras lavouras de soja no estado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do Agronegócio em São Paulo

O agronegócio é dividido em dois ramos produtivos: agricultura, que corresponde ao conjunto das cadeias produtivas das lavouras e demais atividades vegetais e florestais; e pecuária, que representa o conjunto das

cadeias de produtos de origem animal. Cada ramo é caracterizado por quatro segmentos: insumos, primário (agropecuária), agroindustrial e serviços (transporte, comércio e demais serviços). (SILVA *et al.*, 2015)

Como destacado por Silva e Nonnenberg (2006), em uma economia com o setor agrícola moderno e integrado com os setores industriais e de serviços, como a brasileira, tomar como referência apenas o PIB agrícola *stricto sensu* é subestimar a importância dessa atividade para a economia. Por isso, o enfoque sistêmico que norteia o conceito do agronegócio representa uma vantagem no sentido de melhorar a capacidade analítica e revelar adequadamente a importância do setor e sua integração com o restante da economia. (SILVA *et al.*, 2015)

Conforme os dados disponibilizados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária (CNA), em 2021, o agronegócio representou 26,7% do PIB nacional e 20,21% de participação do mercado de trabalho brasileiro, somando 18,45 milhões de pessoas à população ocupada no agronegócio (CEPEA, 2021). De janeiro a abril de 2023, os principais grupos exportadores do agronegócio paulista foram o complexo sucroalcooleiro (US\$ 1,95 bilhão); o complexo soja (US\$1,55 bilhão, tendo a soja em grão 88,7% de participação no grupo); o setor de carnes (US\$ 931,76 milhões). (ANGELO; GHOBIL; OLIVEIRA, 2023)

A soja foi a cultura responsável pelo grande salto do agronegócio e desenvolvimento agrícola brasileiro, acelerou a mecanização das lavouras, modernizou o transporte, expandiu a fronteira agrícola, e até colaborou para a técnica e produção de outras culturas, além de patrocinar o desenvolvimento

da avicultura e da suinocultura brasileira (CATTELAN; DALL'AGNOL, 2018). A geração de tecnologias contribuiu para que o Brasil aumentasse sua produção, e ocupasse o segundo lugar entre os maiores produtores de soja (DA SILVA; DE LIMA; BATISTA, 2011), até 2019, ano em que a produção brasileira de soja superou a americana, tornando-se a maior do mundo (SILVA *et al.*, 2022).

2.2. Importância da soja

A soja cultivada (*Glycine max* [L.] Merril) é originária do leste da Ásia, de uma região conhecida como Manchúria, no nordeste da China (HYMOWITZ, 1970). Considerada uma das culturas mais antigas, chegou ao Ocidente no final do século XV e início do século XVI. Após seu surgimento na China, a soja cultivada permaneceu no Oriente por pelo menos mais dois milênios. Atribuiu-se isso ao fato da agricultura chinesa não se difundir a outras partes do mundo na época (HARLAN, 1992). Com o aumento gradual de seu comércio, essa leguminosa foi levada para o sul da China, Coreia, Japão e sudeste Asiático. Na Europa, a soja foi plantada pela primeira vez no Jardim Botânico de Paris, em 1739, e, em 1770, em Kew, na Inglaterra (SEDIYAMA *et al.*, 1985). Entre o final do século XVII e o início do século XVIII chegou às Américas, nos Estados Unidos, na região da Pensilvânia (PIPER; MORSE, 1923). Após alguns anos, em 1882, uma soja de semente amarela foi cultivada na Estação Experimental de Carolina do Norte. No final do século XVIII, a maioria das estações experimentais de agricultura realizava experimentos com soja (PIPER; MORSE, 1923).

O primeiro relato da soja no Brasil, na época cultivada na Bahia, foi feito por D'Utra em 1882. No entanto, devido à várias disparidades principalmente climáticas, os cultivares introduzidos trazidos dos Estados Unidos não obtiveram

boa adaptação numa latitude em torno de 12° Sul (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009). Em 1908, a soja foi introduzida em São Paulo, por meio de imigrantes Japoneses, em latitude em torno de 22° Sul, onde as primeiras observações registradas foram feitas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (SEDIYAMA *et al.*, 1985). Nessa região, a soja apresentou melhor desenvolvimento que na Bahia (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009)

A produção de grãos de soja em escala comercial iniciou-se por volta de 1935, no Rio Grande do Sul, onde as cultivares trazidas dos Estados Unidos melhor se adaptaram devido a maior compatibilidade climática. A Alemanha, em 1938, foi o primeiro país importador de soja brasileira. Em 1941, pela primeira vez, a soja integrava as estatísticas gaúchas, com uma área cultivada de 702 ha. A partir de 1950, essa leguminosa expandiu-se para o Sudeste, o Norte e o Nordeste (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009). Em 1972, São Paulo foi o terceiro estado brasileiro a superar a produção de 100.000 t de soja (DALL'AGNOL, 2016).

2.3. Importância da soja em São Paulo

A soja oferece uma variedade de produtos, é fonte de proteínas na alimentação humana e de grande parte dos animais que produzem carne, leite e ovos. Trata-se de uma cadeia produtiva altamente abrangente, pois animais criados com rações produzidas a partir do farelo de soja oferecem outros subprodutos que vão afiançar outras áreas da economia, como o setor de couro, o de fertilizantes orgânicos e outros (ROESSING; SANCHES; MICHELLON, 2005). A soja é proteína vegetal, que uma vez ingerida por humanos ou animais, é transformada em proteína animal. Dezenas de alimentos proteicos têm na soja

sua principal matéria-prima. Quase 70% do componente proteico de uma ração para animais produtores de carne, é soja (DALL'AGNOL, 2016).

Em 2019 a produção brasileira de soja superou a dos Estados Unidos, tornando o Brasil no maior produtor de soja do mundo (SILVA *et al.*, 2022). O complexo de soja é extremamente importante para o Brasil, e pode ser mensurado tanto pelo notável crescimento da produção desta leguminosa quanto pela arrecadação com as exportações de soja em grão e derivados (óleo e farelo de soja) (DA SILVA; DE LIMA; BATISTA, 2011). No estado de São Paulo não é diferente, mesmo cultivada majoritariamente no estado para fazer rotação com a cana de açúcar (DA SILVA; DE LIMA; BATISTA, 2011), o complexo soja ocupa o segundo lugar nas exportações do Agronegócio paulista, com US\$818,58 milhões no primeiro trimestre deste ano, ficando atrás apenas do complexo sucroalcooleiro (ANGELO; GHOBIL; OLIVEIRA, 2023).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O Estado de São Paulo possui 44,4 milhões de habitantes em uma área de aproximadamente 248,2 mil km² (IBGE, 2022), sendo o estado brasileiro mais populoso e 12º estado brasileiro em extensão. Com 645 municípios, é dividido geograficamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 15 mesorregiões (Figura 1).



Figura 1. Mesorregiões do Estado de São Paulo.

3.2. Base de dados

Para compor a base cartográfica, utilizou-se a Malha Municipal Digital (MMD 2022) para o Estado de São Paulo (Municípios e Mesorregiões) do IBGE (IBGE, 2022).

Os dados de soja foram coletados na base de informações da Produção Agrícola Municipal (PAM, 2021), disponibilizados pelo Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do IBGE. As variáveis área plantada, área colhida e quantidade produzida de soja foram obtidas para uma série temporal de 10 anos, entre 2012 e 2021, para municípios e mesorregiões do Estado de São Paulo.

3.3. Modelo Shift-Share

O modelo Shift-Share, desenvolvido por Daniel Creamer em 1943 e reformulada por Esteban-Marquillas em 1972, busca identificar os fatores

internos e externos que explicam o crescimento regional, descrevendo o crescimento econômico de uma região em termos da sua estrutura produtiva. A análise baseia-se na comparação entre o crescimento do emprego real, aquele efetivamente observado na região, e o teórico, aquele que a região apresentaria se evoluísse conforme todas as regiões da área de referência (Microrregião, Estado, País, e assim por diante), dentro de cada região (PORSSE; VALE, 2020).

Neste estudo, utilizou-se o modelo *shift-share*, também conhecido como diferencial-estrutural, para mensurar os fatores de crescimento da cultura da soja no estado de São Paulo e em suas mesorregiões. Dentre as 15 mesorregiões do Estado, 13 mesorregiões são produtoras de soja e foram utilizadas neste estudo, sendo estas: Araçatuba, Araraquara, Assis, Bauru, Campinas, Itapetininga, Macro Metropolitana Paulista, Marília, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e Vale do Paraíba Paulista.

O modelo visa explicar o comportamento da produção mediante a análise dos responsáveis pela variação da produção de soja: variações no rendimento das lavouras (efeito rendimento), variações na localização geográfica entre microrregiões (efeito localização geográfica) e variações na área cultivada (efeito área).

Detalhando os efeitos explicativos da variação de produção, o efeito rendimento indica as alterações na produção decorrentes de variações na produtividade, considerando os demais efeitos constantes. Essas variações podem indicar o uso de novas técnicas de produção, adoção de tecnológicas e melhoria de capital humano. Já o efeito localização geográfica, supondo os

demais efeitos constantes, reflete as mudanças advindas das vantagens locacionais de cada mesorregião estudada.

O efeito área, mantendo-se os demais efeitos constantes, mensura a variação na produção proveniente de alterações na área cultivada (utilizando a área colhida como aproximação). Desta forma, a incorporação de novas áreas para o cultivo resultaria em um aumento na produção de soja.

Para a análise das alterações da área cultivada de soja, decompôs-se o efeito área em: efeito escala (processo de expansão ou retração da área cultivada) e efeito substituição (grau em que uma cultura substitui ou é substituída dentro de um sistema produtivo).

Neste estudo, utilizou-se o modelo *shift-share* na forma proposta por Yokoyama, Igreja e Neves (YOKOYAMA; IGREJA; NEVES, 1990). Formalmente, o modelo mede a variação na produção em um período de tempo t , sendo o período inicial e o período final, indicados, respectivamente, pelos subíndices i e f . O subíndice m indica as mesorregiões produtoras de soja em análise, variando de 1 a k (neste caso, tem-se k igual a 13).

Objetivando simplificar a leitura, dispõem-se na Tabela 1 as variáveis utilizadas no modelo matemático *shift-share*:

Tabela 1. Variáveis utilizadas no modelo *shift-share* para soja nas mesorregiões do Estado de São Paulo.

Variável	Descrição
A_t	Área total cultivada de soja (em hectares) no estado de São Paulo no período t .
A_{mt}	Área total cultivada de soja (em hectares) na m -ésima mesorregião no período t .
Q_t	Quantidade produzida de soja (em toneladas) no período t .

R_{mt}	Rendimento (em ton/ha) da m -ésima mesorregião do Estado no período t .
λ_m	Participação relativa da m -ésima mesorregião na área total cultivada de soja do estado no período t (A_{mt}/A_t).
γ	Coeficiente de mensuração da modificação da área total cultivada de soja entre os períodos inicial e final (A_f/A_i).

A produção de soja do estado no período t é expressa pela seguinte equação:

$$Q_t = \sum_{m=1}^k (A_{mt} R_{mt}) \quad (1)$$

Sendo Q_0 e Q_f a produção de soja do Estado para os períodos inicial e final, respectivamente, se apenas a área total da lavoura no estado se alterasse, a produção final (Q_f^A) será dada por:

$$Q_f^A = \sum_{m=1}^k (\lambda_{mi} A_f R_{mi}) \quad (2)$$

Se, além da área total da lavoura de soja, também se alterasse o rendimento em cada mesorregião, a produção final ($Q_f^{A,R}$) será de:

$$Q_f^{A,R} = \sum_{i=1}^m \lambda_{i0} A_f R_{if} \quad (3)$$

Se, por último, a distribuição geográfica da área cultivada de soja também for alterada, a produção final será de:

$$Q_f^{A,R} = \sum_{i=1}^m \lambda_{if} A_f R_{if} = Q_f \quad (4)$$

A variação total observada na produção de soja entre o período inicial e final será dada por:

$$Q_f - Q_i = (Q_f^A - Q_i) + (Q_f^{A,R} - Q_f^A) + (Q_f - Q_f^{A,R}) \quad (5)$$

Onde:

$Q_f^A - Q_i$ é o efeito área (EA);

$Q_f^{A,R} - Q_f^A$ é o efeito rendimento (ER);

$Q_f - Q_f^{A,R}$ é o efeito localização geográfica (ELG).

Os efeitos calculados foram apresentados na forma de taxas anuais de crescimento. Utilizando-se a metodologia proposta por Igreja (1987), cada efeito explicativo da variação de produção foi expresso individualmente como uma porcentagem da variação total na produção. Sendo r a taxa anual média de variação na produção, em porcentagem, obtém-se a seguinte expressão:

$$r = \left(\sqrt[f]{\frac{Q_f}{Q_i}} - 1 \right) \times 100 = \frac{Q_f^A - Q_0}{Q_f - Q_0} r + \frac{Q_f^{A,R} - Q_f^A}{Q_f - Q_0} r + \frac{Q_f - Q_f^{A,R}}{Q_f - Q_0} r \quad (6)$$

Tem-se:

$\frac{Q_f^A - Q_0}{Q_f - Q_0} r$ é o efeito área (EA), expresso em taxa de crescimento ao ano (em

porcentagem);

$\frac{Q_f^{A,R} - Q_f^A}{Q_f - Q_0} r$ é o efeito rendimento (ER), expresso em taxa de crescimento ao

ano (em porcentagem);

$\frac{Q_f - Q_f^{A,R}}{Q_f - Q_0} r$ é o efeito de localização (ELG), expresso em taxa de

crescimento ao ano (em porcentagem).

Para a análise das alterações na composição da área cultivada, utilizou-se o modelo desenvolvido por Zockun (1978). A variação na área ocupada por soja (ΔA) em cada sistema de produção é dada por:

$$\Delta A = A_f - A_i \quad (7)$$

Considerando γ como um coeficiente que mensura a modificação, esta expressão pode ser decomposta no efeito escala (EE) e efeito substituição (ES), ambos expressos em hectares:

$$(\gamma A_i - A_i) \text{ é o efeito escala (EE)} \quad (8)$$

$$(A_f - \gamma A_i) \text{ é o efeito substituição (ES)} \quad (9)$$

$$(A_f - A_i) = (\gamma A_i - A_i) + (A_f - \gamma A_i) \quad (10)$$

Um efeito substituição positivo indica uma expansão da cultura no período analisado, substituindo outros cultivos. Já um efeito negativo, indica a retração ou substituição da cultura da soja frente a outros cultivos. Para apresentar os efeitos na forma de taxas anuais de crescimento, utiliza-se o efeito área (EA):

$$EA = \frac{(\gamma A_i - A_i)}{(A_f - A_i)} EA + \frac{(A_f - \gamma A_i)}{(A_f - A_i)} EA \quad (11)$$

Onde:

$\frac{(\gamma A_i - A_i)}{(A_f - A_i)} EA$ é o efeito escala (EE), em porcentagem;

$\frac{(A_f - \gamma A_i)}{(A_f - A_i)} EA$ é o efeito substituição (ES), em porcentagem.

3.4. Mapas de cluster LISA

A expressão matemática do Índice Global de Moran, I , a partir dos elementos descritos anteriormente é dado por:

$$I = \frac{Z^t \cdot W_z}{Z^t \cdot Z}$$

Onde:

Z^t é o vetor dos desvios transposto;

W_z é o vetor de médias ponderadas;

Z é o vetor dos desvios.

O índice global de Moran varia entre -1 e 1. A sua interpretação prática é: valores positivos indicam que existe uma associação espacial (autocorrelação espacial) positiva para a variável observada. Quanto mais próximo for o índice global da unidade, mais forte é a dependência espacial entre as observações. De forma inversa, se o índice assumir valores negativos, isto indica que existe, então, uma autocorrelação espacial negativa entre as observações. Valores próximos de zero indicam que existe pouca dependência espacial entre as observações Neves e Luiz (2006).

Uma vez que o Índice Global de Moran analisou de maneira geral o conjunto dos dados e identificou a existência da autocorrelação espacial, é possível então analisar cada elemento do conjunto em nível local, buscando a identificação de aglomerados de elementos que apresentem para os valores dos seus atributos dados semelhantes os quais são chamados de “clusters”. Os elementos que apresentam comportamento atípico com relação aos seus vizinhos são chamados de “outliers”, bem como regimes espaciais diferenciados.

Anselin (1995) sugere que, de forma geral, um Indicador Local de Associação Espacial deve atender aos seguintes requisitos:

- O LISA para cada observação deve fornecer uma indicação da extensão da aglomeração espacial significativa de valores similares em torno dessa observação;
- A soma de todas as observações do LISA seja proporcional ao indicador global de associação espacial.

Neste trabalho foi utilizado como LISA o Índice Local de Moran que pode ser obtido por meio da Equação:

$$I_i = \frac{Z_i \cdot W_{Z_i}}{\sigma^2}$$

Onde:

I_i : Índice local para o objeto i ;

Z_i : valor do desvio do objeto i ;

W_{Z_i} : valor médio dos desvios dos objetos vizinhos de i ;

σ^2 : variância da distribuição dos valores dos desvios.

A partir da plotagem dos valores de W_z em Z é possível traçar uma reta de regressão linear para tais valores cuja inclinação é equivalente ao Índice Global de Moran, (NEVES *et al.*, 2000). Este Gráfico é chamado de Gráfico de Espalhamento de Moran (ANSELIN, 1996) e permite classificar os elementos de acordo com os valores de Z e W_z em quatro diferentes quadrantes.

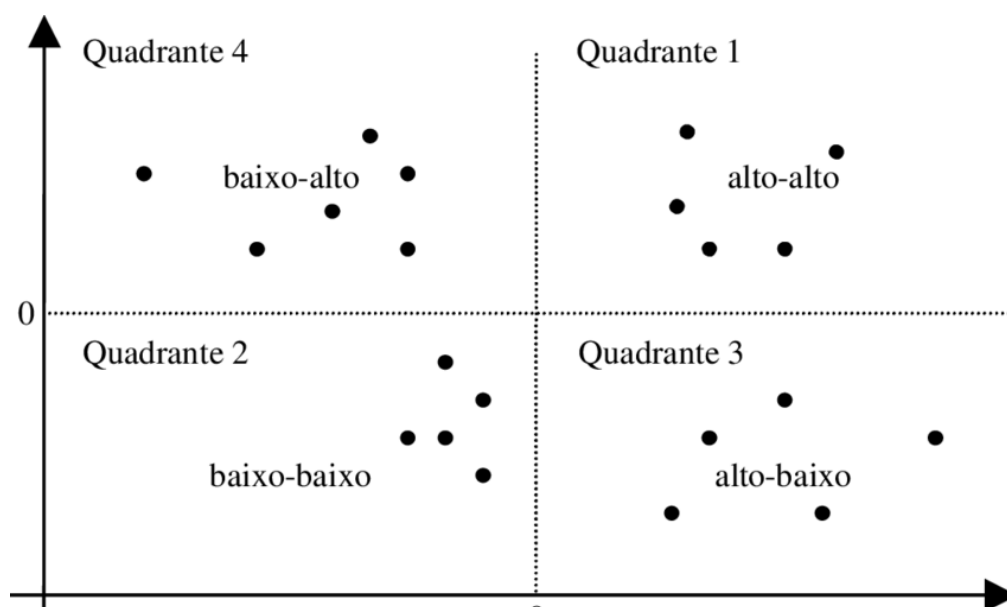


Figura 2. Esquema ilustrativo do Gráfico de Espalhamento de Moran.

Nos quadrantes Q1 e Q2 (Figura 2) estão situados os clusters. Os elementos situados no quadrante 1, alto-alto (aa) apresentam valores altos de Z e altos também de Wz. Trata-se de microrregiões com alto valor da variável sob análise cercadas por vizinhos com valores altos. Os elementos situados no quadrante 2, baixo-baixo (bb) apresentam valores baixos de Z e baixos também de Wz. Trata-se de microrregiões com baixo valor da variável sob análise cercadas por vizinhos com valores baixos. Nos quadrantes Q3 e Q4 estão situados os outliers. Os elementos situados no quadrante 3, alto-baixo (ab) apresentam valores altos de Z e baixos de Wz. Trata-se de microrregiões com alto valor da variável sob análise cercadas por microrregiões de valores baixos. Finalmente, os elementos situados no quadrante 4 baixo-alto (ba) apresentam valores baixos de Z e altos de Wz. Trata-se então de microrregiões de valor baixo da variável sob análise cercadas por microrregiões de altos valores. Foram construídos mapas que mostram tais elementos de acordo com a sua posição no gráfico de espalhamento de Moran visando facilitar o entendimento de tais relações espaciais.

Para verificar a existência de padrões locais de associação espacial entre os valores de produção média da soja, anos de 2012 e 2021, dos municípios do estado de São Paulo, utilizou-se o Índice de Moran. Este índice não estabelece indicações da significância do agrupamento criado, desta forma, necessita de indicadores locais de associação espacial. Visando a identificação de clusters de áreas e quantificar a associação espacial em função de uma vizinhança preestabelecida, utilizou-se o Índice Local de Autocorrelação Espacial (LISA)

com nível de significância a 5%, através do software Geodata Analysys (GeoDa 1.20).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2012 a 2021 o estado de São Paulo teve uma inexpressiva participação no cenário nacional da soja, representando aproximadamente 3% da produção brasileira (Tabela 2). Analisando a evolução da área plantada de soja nas mesorregiões do estado de São Paulo, nota-se destaque nas mesorregiões de Itapetininga e Assis que, de 2012 a 2021, praticamente dobraram suas respectivas áreas de cultivo de soja (Figura 3). Esse crescimento é explicado pelo histórico da região. Entre 1990 e 2004 foi estimado que a produção de soja no sudoeste de São Paulo tenha aumentado 926%, substituindo a tradição em se cultivar feijão (ANTUNES JUNIOR; BORSATTO; SOUZA-ESQUERDO, 2021). Logo, como a soja reorganiza a lógica rural e urbana da região, muitas empresas de insumos, maquinário e defensivos agrícolas foram instaladas na região (ANTUNES JUNIOR; BORSATTO; SOUZA-ESQUERDO, 2021), essas empresas e cooperativas disponibilizam o pacote tecnológico e prestam assistência técnica para os produtores, o que favorece a territorialização da região.

Analisando a produção do cultivo de soja (Figura 4), a evolução da área plantada (Figura 3), e os mapas de clusters para a produção de soja no estado (Figura 5), verifica-se uma convergência de resultados, demonstrando de fato que o cultivo de soja crescente no sudoeste paulista desde 1990 agiu como força motriz na região e territórios próximos, o que explica a ascensão da área

plantada e da produção de soja nas mesorregiões de Assis e Itapetininga de 2012 a 2021.

Tabela 2. Representatividade do estado de São Paulo na produção nacional de soja (2012-2021).

	Período									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Área plantada (%)										
São Paulo	2,24	2,18	2,29	2,46	2,55	2,78	2,79	3,01	3,05	3,06
Outros Estados	97,76	97,82	97,71	97,54	97,45	97,22	97,21	96,99	96,95	96,94
Área colhida (%)										
São Paulo	2,25	2,19	2,29	2,46	2,56	2,79	2,80	3,01	3,05	3,06
Outros Estados	97,75	97,81	97,71	97,54	97,44	97,21	97,20	96,99	96,95	96,94
Quantidade produzida (%)										
São Paulo	2,38	2,26	1,97	2,47	2,90	2,87	2,89	3,02	3,19	3,10
Outros Estados	97,62	97,74	98,03	97,53	97,10	97,13	97,11	96,98	96,81	96,90
Rendimento médio da produção (Quilogramas por Hectare)										
Brasil	2637	2928	2866	3029	2905	3378	3390	3185	3275	3445
São Paulo	2785	3022	2468	3039	3290	3478	3505	3199	3431	3489

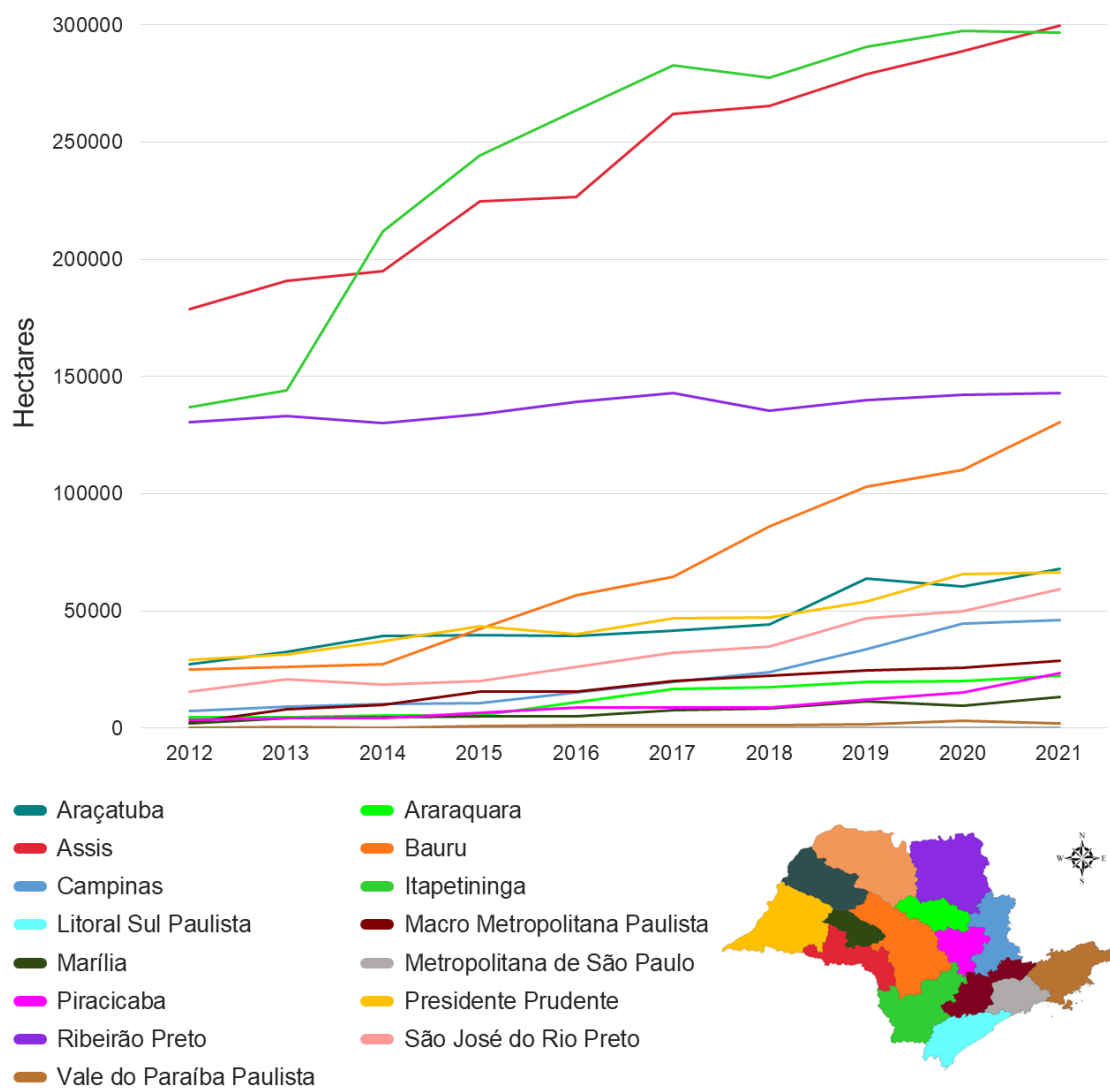


Figura 3. Evolução da área plantada de soja nas mesorregiões do estado de São Paulo no período de 2012 a 2021.

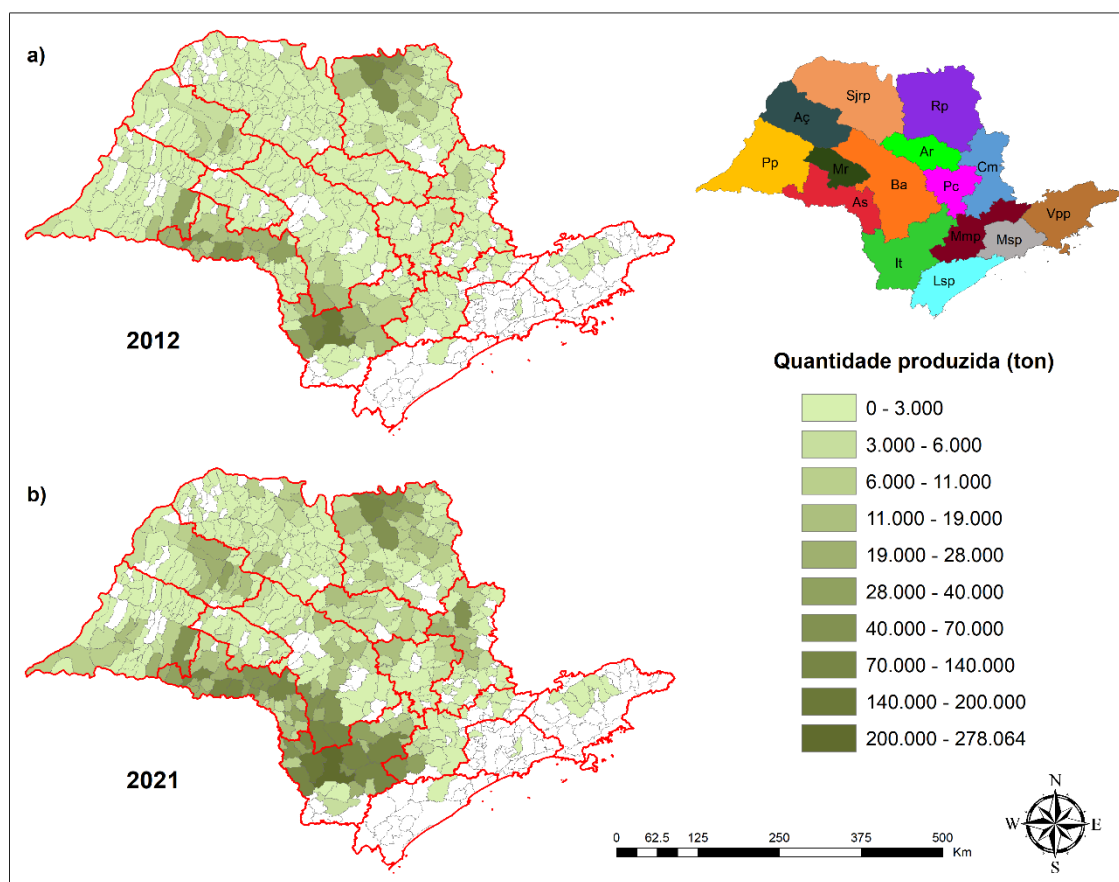


Figura 4. Produção do cultivo da soja nas mesorregiões do estado de São Paulo para os anos de 2012 e 2021. Legenda: AÇ: Araçatuba; Ar: Araraquara; As: Assis; Ba: Bauru; Ca: Campinas; It: Itapetininga; Lsp: Litoral Sul Paulista; Mmp: Macro Metropolitana Paulista; Mr: Marília; Msp: Metropolitana de São Paulo; Pc: Piracicaba; Pp: Presidente Prudente; Rp: Ribeirão Preto; Sjr: São José do Rio Preto; Vpp: Vale do Paraíba Paulista.

Tabela 3. Variação da área cultivada, taxa anual média de crescimento e os efeitos área, rendimento e localização geográfica da soja para o estado de São Paulo 2012-2021.

Variação Área	Efeito			Efeito			
	EA	ER	ELG	TAC	EA	ER	ELG
	hectares				%		
636.704	1.770.922,65	809.155,77	35.517,57	10,31	6,98	3,19	0,14

Legenda: EA: Efeito área; ER: Efeito rendimento; ELG: Efeito localização geográfica; e TAC: Taxa anual média de crescimento.

Tabela 4. Decomposição da taxa anual média de crescimento da soja em efeitos explicativos para as mesorregiões do estado de São Paulo 2012-2021.

Mesorregião	Efeito					
	TAC	Efeito Área			ER	ELG
		Total	EE	ES		
Araçatuba	8,80	7,52	5,71	1,81	-0,94	2,22
Araraquara	19,29	4,51	1,31	3,20	1,65	13,13
Assis	8,05	7,79	13,05	-5,26	4,31	-4,06
Bauru	20,97	4,15	1,10	3,05	2,17	14,65
Campinas	22,64	3,83	0,79	3,03	1,40	17,42
Itapetininga	11,21	6,70	6,48	0,21	4,22	0,30
Macro Metropolitana Paulista	31,82	2,43	0,26	2,17	1,69	27,71
Marília	23,62	3,64	0,70	2,94	1,43	18,54
Piracicaba	23,07	3,75	0,79	2,96	1,75	17,57
Presidente Prudente	10,22	7,03	6,15	0,88	2,04	1,16
Ribeirão Preto	2,35	10,17	121,76	-111,59	2,92	-10,74
São José do Rio Preto	16,28	5,24	2,11	3,12	1,85	9,20
Vale do Paraíba Paulista	10,70	-6,07	-3,70	-2,37	12,52	4,25

Legenda: TAC: Taxa anual média de crescimento; EE: Efeito escala; ES: Efeito substituição; ER: Efeito rendimento; e ELG: Efeito localização geográfica.

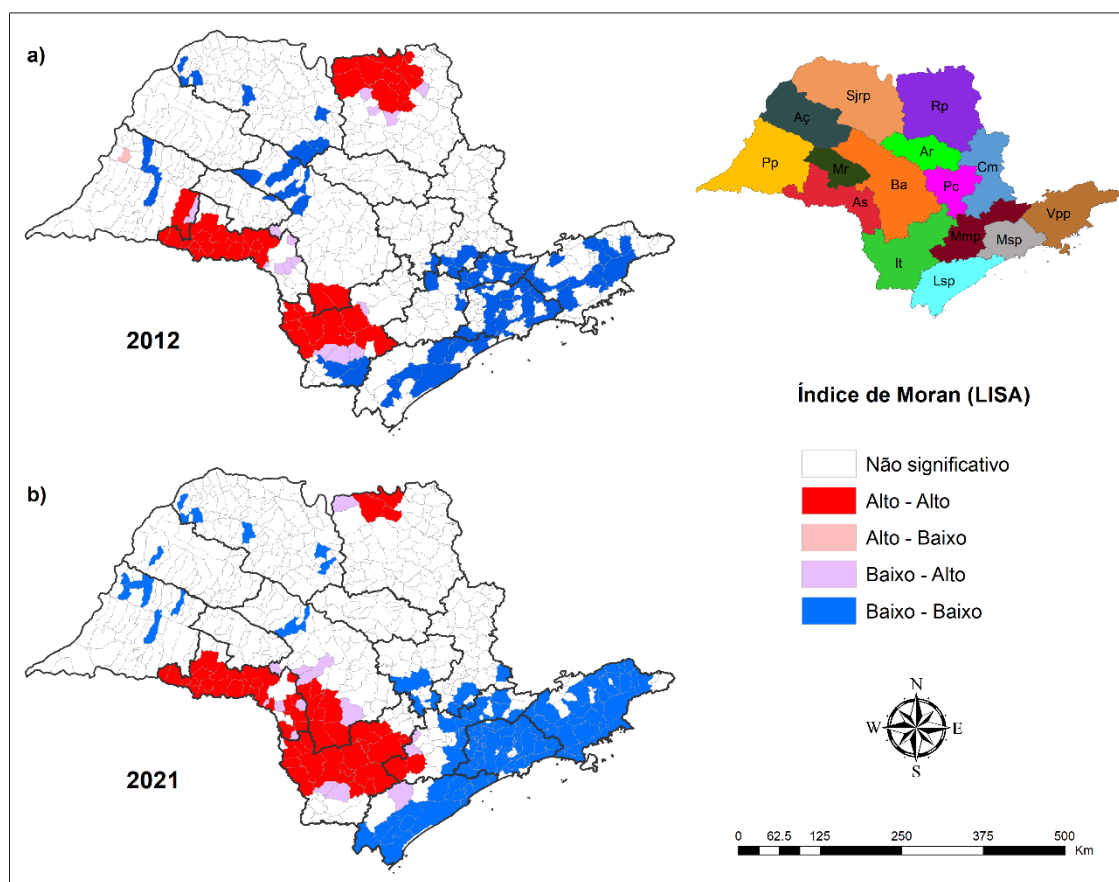


Figura 5. Mapas de clusters para a produção de soja no estado de São Paulo para 2012 e 2021.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que o crescimento da produção de soja no sudoeste paulista, de 1990 a 2004, reorganizou a lógica rural e urbana da região, o que alavancou o aumento da área de cultivo de soja nas mesorregiões de Assis e Itapetininga no período de 2012 a 2021.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. 2012.

ANGELO, J. A.; GHOBIL, C. N.; OLIVEIRA, M. D. M. Balança Comercial dos Agronegócios Paulista e Brasileiro, Janeiro a Abril de 2023. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 18, n. 5, p. 1–14, 23 maio 2023. Disponível em: <<https://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=16140>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

ANSELIN, L.; COHEN, J.; COOK, D.; GORR, W.; TITA, G. Spatial analyses of crime. **Criminal justice**, v. 4, n. 2, p. 213-262, 2000.

ANTUNES JUNIOR, W. F.; BORSATTO, R. S.; SOUZA-ESQUERDO, V. F. de. ENTRE CAMPOS E CAPÕES: UM BREVE RESGATE DA TRAJETÓRIA DE DESENVOLVIMENTO DO SUDOESTE PAULISTA. Em: **Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste Paulista**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 20–33.

CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **OCL**, v. 25, n. 1, p. D102, 17 jan. 2018.

CEPEA. MERCADO DE TRABALHO/CEPEA: Em 2021, população ocupada no agronegócio atinge maior contingente desde 2016 - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP. 2021. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/mercado-de-trabalho-cepea-em-2021-populacao-ocupada-no-agronegocio-atinge-maior-contingente-desde-2016.aspx>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

DA SILVA, A. C.; DE LIMA, É. P. C.; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. **V Encontro de Economia Catarinense**, 2011. Disponível em: <<https://apec.pro.br/anais/v-eeec/anais/4-EEC%202011.PDF>>. Acesso em: 27 jul. 2023.

DALL'AGNOL, A. A EMBRAPA SOJA NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DA SOJA NO BRASIL Histórico e contribuições. 2016. Disponível em: <www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

HARLAN, J. R. Crops and Man. **American Society of Agronomy**, 1992.

HYMOWITZ, T. On the Domestication of the Soybean. **Economic Botany**, v. 24, n. 4, p. 408–421, 1970.

IBGE. **Malha Municipal Digital para o Estado de São Paulo (Municípios e Mesorregiões)** 2022.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Censo Brasileiro de 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

NEVES, M. C.; RAMOS, F. R.; CAMARGO, E. C. G.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. Análise exploratória espacial de dados sócio-econômicos de São Paulo. **Salvador: GIS Brasil2000**, p. 1–11, 2000. . Acesso em: 15 dez. 2023.

NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B. Distribuição espacial da cultura de café no Estado de São Paulo. **Embrapa**, 2006.

PAM. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 4 dez. 2023.

PIPER, C. V.; MORSE, W. J. **The Soybean**. [s.l.] Agricultural and Biological Publications, 1923. 310 p.

PORSSE, A.; VALE, V. Análise Diferencial-Estrutural (Shift-Share). **Universidade Federal do Paraná**, 2020. . Acesso em: 3 dez. 2023.

PORTO, F.; DE SOUSA, A. T. L. M. Quais são as perspectivas para a soja brasileira na China. **Brasil de Fato**, 11 mar. 2022.

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E. As Perspectivas de Expansão da Soja. Em: XLIII Congresso da Sober, 2005, Ribeirão Preto, SP. [...]. Ribeirão Preto, SP: Anais dos Congressos, 2005.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja: parte I**. Viçosa, MG: UFV, 1985. 96 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. D.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. *Em: MECENAS. Tecnologias de produção e usos da soja*. [s.l: s.n.]p. 1–5.

SILVA, A. F.; BARROS, G. S. de C.; FACHINELLO, A. L.; CASTRO, N. R. Perfil do agronegócio paulista e sua participação em âmbito nacional. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 4, p. 97–113, 2015. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1059>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SILVA, F.; BORÉM, A.; SADIYAMA, T.; CÂMARA, G. **Soja: do plantio a colheita**. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

YOKOYAMA, L. P.; IGREJA, A. C.; NEVES, E. M. Modelo shift-share: uma readaptação metodológica e uma aplicação para o Estado de Goiás. **Agricultura em São Paulo**, 1990.

ZOCKUN, M. H. G. P. **A expansão da soja no Brasil**: alguns aspectos da produção. 1978, 228 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia e Administração, São Paulo.