



Padrões espaciais da produção agropecuária no Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA)

Laís Freitas dos Santos¹
Cristiane Aparecida de Cerqueira²
Marcelo Inácio Ferreira Ferraz³
Clesio Marcelino de Jesus⁴

Recebido em: 03-04-2023

Aceito em: 10-04-2024

Resumo

O Matopiba é uma fronteira agrícola que se formou com objetivo de expandir as atividades agropecuárias no Brasil, por meio do incentivo de políticas de infraestrutura as atividades agropecuárias no Matopiba se consolidaram. A criação dessa região resultou na modificação da paisagem, como a alteração da vegetação natural para áreas de atividades agrícolas e consequentemente a alteração da dinâmica da produção e a organização desse território. A organização espacial da produção agrícola ocorre de maneira diferente para cada tipo de agricultura. Por isto, este trabalho tem por objetivo identificar e discutir os padrões espaciais da produção agropecuária no Matopiba. Para entender como ocorre a organização espacial das atividades produtivas foram utilizados métodos de análise de agrupamento, em específico a estatística local *Getis-Ord* para apontar os principais produtos de cada tipo de agricultura, considerando os 337 municípios do Matopiba. Os resultados apontaram que as produções mais representativas foram de produtos de maior aceitação no mercado externo. Além disso os estabelecimentos da agricultura familiar e não familiar denotaram diferentes padrões espaciais de produtos em destaque. Pode-se concluir que as atividades econômicas que apresentaram maior destaque no valor da produção do agricultor não familiar foram as culturas da soja, milho, algodão e criação de bovinos, mas que os grupos da produção da agricultura familiar corroboraram a maior diversificação.

Palavras-chave: MATOPIBA; análise de agrupamento espacial; agricultura familiar e não familiar.

Spatial patterns of agricultural production in Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia (MATOPIBA)

Abstract

Matopiba is the agricultural frontier that was created with the objective of expanding agricultural activities in Brazil, through the incentive of infrastructure policies, agricultural activities in Matopiba were consolidated. The creation of this region resulted in the modification of the landscape, such as the change of natural vegetation to areas of agricultural activities and consequently the change of the dynamics of production and organization of this territory. The spatial organization of agricultural production occurs differently for each type of agriculture. Therefore, this work aims to identify and discuss the spatial patterns of agricultural production in Matopiba. To understand how the spatial organization of productive activities occurs, methods of cluster analysis were used, specifically the Getis-Ord local statistic to point out the main products of each type of agriculture, considering the 337 municipalities of Matopiba. The results pointed out that the most representative productions were of products with greater acceptance in the foreign market. Furthermore, the family and non-family agriculture establishments denoted different spatial patterns of highlighted products. It can be concluded that the economic activities that presented the greatest prominence in the value of production of the non-family farmer were soybean, corn, cotton, and cattle raising, but that the family farming production groups corroborated the greater diversification.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). <https://orcid.org/0000-0002-4798-4073> E-mail: freitaslais9@gmail.com.

² Doutorado em Economia (UFU). Professora do Departamento de Ciências Econômicas (UESC). <https://orcid.org/0000-0002-3667-3958> E-mail: ccerqueira@uesc.br.

³ Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária (UFLA). Professor do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (UESC). <https://orcid.org/0000-0002-4798-4073> E-mail: mfferaz@uesc.br.

⁴ Doutorado em Economia (UFU). Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). <https://orcid.org/0000-0002-0249-5196> E-mail: clesiomj@gmail.com.

Keywords: MATOPIBA; spatial cluster analysis; family and non-family farming.

1 Introdução

Após a modernização da produção agropecuária e expansão das fronteiras agrícolas, o agronegócio ganhou força no Brasil e consolidou-se como um importante setor econômico no mercado interno e com grande participação nas exportações mundiais. Como resultado da própria dinâmica do agronegócio foi ampliada a busca por terras, consequência do interesse do capital nacional e estrangeiro, em particular no cerrado brasileiro. Assim, na década de 2000, especificamente a partir de 2008, ocorreu um boom da produção de commodities⁵ no Matopiba, um território composto por 337 municípios de quatro estados brasileiros: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Pereira; Pauli, 2016).

O Matopiba pode ser considerado um território construído. Essa construção ocorreu ao longo de décadas, mediante o apoio do Estado, a partir de três pilares: i) das inovações tecnológicas; ii) do apoio às pesquisas científicas por meio do auxílio técnico e de extensão rural, principalmente com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); iii) do crédito, por meio do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) (Favareto *et al.*, 2019).

O avanço das atividades agropecuárias no Matopiba, sobretudo por meio da expansão da cultura de grãos, tem se intensificado cada dia. Entre 2005 e 2014 foram identificados 950 mil hectares de novas áreas agrícolas. Essa mudança no uso da terra alcançou a economia do território e aumentou o seu Produto Interno Bruto (PIB) (Bolfe *et al.*, 2016). Consequentemente, em maio de 2015, mediante o Decreto 8.447, o Matopiba foi instituído, ação que reforçou a trajetória desse território, que atualmente é denominado como a “última fronteira agrícola brasileira”.

Todavia, faz-se necessário entender como ocorre a organização espacial das atividades produtivas em diferentes períodos, para distintos tipos de produtores e municípios do Matopiba. Pesquisas que versam sobre as dinâmicas produtivas agrícolas são imprescindíveis, pois estudos sobre a dinâmica espacial da produção contribuirão na compreensão da organização espacial da produção da agricultura familiar e não-familiar, como também darão subsídio para gestão de políticas públicas principalmente para a agricultura familiar.

⁵ *Commodities* são produtos da agropecuária e da extração mineral, produzidos em larga escala e voltados para exportação.

Em vista disso, questiona-se: como está organizada espacialmente a produção agropecuária do MATOPIBA, entre os diferentes estabelecimentos (familiar e não-familiar)? Como hipótese, pressupõe-se que a nova dinâmica produtiva esteja distribuída de forma heterogênea no território. Por isto, este trabalho tem por objetivo geral identificar os padrões espaciais da produção agropecuária do Matopiba, em 2006 e 2017. As principais contribuições deste trabalho consistem na aplicação de uma metodologia sistemática para identificação de grupos da produção agropecuária considerando a dependência espacial entre os municípios e na avaliação da produção nos estabelecimentos de agricultura familiar e não familiar, que seguem modelos diferentes.

Sendo assim, este trabalho está estruturado para além desta introdução, em quatro seções. Na primeira seção é brevemente discutida a distribuição espacial da produção agropecuária do Matopiba. A segunda seção aborda a metodologia, detalhando principalmente como se deu a análise de agrupamento espacial e a identificação dos grupos de produção agropecuária. A terceira seção apresenta e discute os resultados dos agrupamentos agropecuários obtidos. Por fim, são apresentadas as considerações finais do estudo.

2 Distribuição espacial da produção agropecuária do Matopiba: uma breve discussão

A dinâmica da economia modifica o espaço geográfico por intermédio das forças produtivas que o moldam; essas forças transmutam as localidades e obedecem a uma hierarquização, determinada a partir das relações de mercado. As forças produtivas podem ser definidas como o modo de produção, que, por sua vez, envolve processos históricos e espaciais na formação social do espaço e possuem características materiais e imateriais, como os aspectos políticos e ideológicos (Santos, 2014). Desse modo, entende-se que as atividades econômicas são elementos que corroboram com a dinâmica espacial e as diferenciações geradas pelos modos de produção resultam em lugares com economias de intensidades diferentes.

Para se compreender fenômenos sobre a organização espacial é necessário fazer o recorte desse espaço que é o princípio da discussão do território (Moreira, 2011). De forma geral, o território é entendido como o recorte do espaço geográfico composto por indivíduos diversos que estabelecem relações de domínio e pertencimento, essas podem ser denominadas relações de poder micro, quando se refere à escala menor das relações sociais e na escala macro, que envolvem o Estado e sociedade civil. Além do que, o ordenamento de um território está relacionado com estruturas de poder, estando as relações econômicas como a base do arranjo

espacial (Moreira, 2011). Nessa perspectiva, o território é visto como o recorte mais palpável da efetivação da ação política, como afirmado por Becker (2004).

O território como espaço produzido pode evidenciar a apropriação e produção do espaço por meio dos fluxos e redes estabelecidos pela economia. Essas transformações espaciais ocasionadas por dinâmicas econômicas podem ser determinantes nas características de um território, definidos considerando a materialidade, a qual seus integrantes irão encontrar as condições e os meios para existência naquele lugar (Haesbaert, 2011).

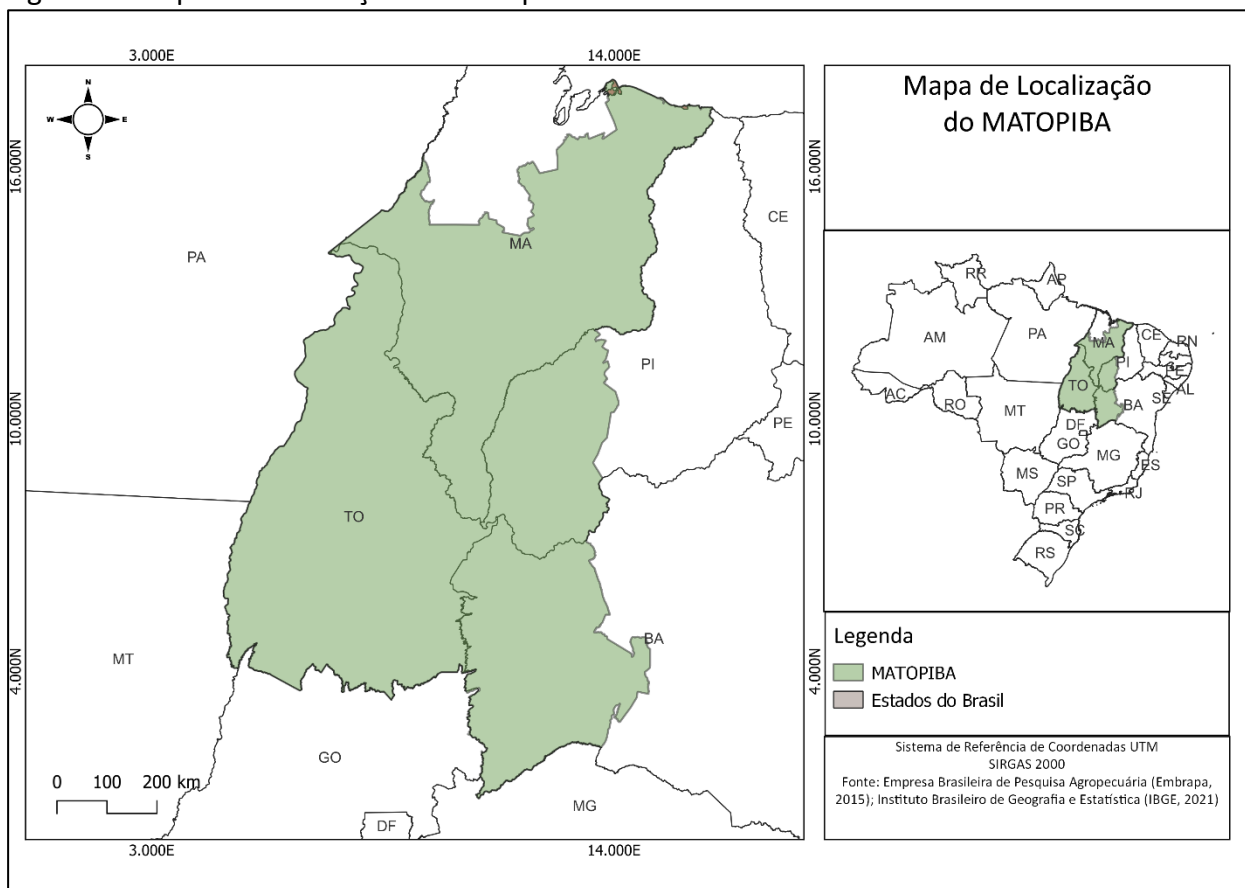
Neste sentido, países subdesenvolvidos representam uma formação socioeconômica dependente de forças externas, as quais são determinantes em todos os processos, tornando a organização do espaço dependente dessas forças (Santos, 2014). Sendo assim, o Matopiba é entendido como território construído com objetivo de expansão do agronegócio voltado para atender demandas do mercado global.

O Matopiba possui 337 municípios de porções de quatro estados brasileiros: 135 do Maranhão, 139 do Tocantins, 33 do Piauí e 30 da Bahia. Foram estabelecidos os limites territoriais que abrangem 31 microrregiões geográficas do IBGE, sendo 15 microrregiões do Maranhão, 8 microrregiões do Tocantins, 4 microrregiões do Piauí e 4 microrregiões da Bahia, como exposto na Figura 1. Em 2015 a área total dessa região foi mensurada em, aproximadamente, 73 milhões de hectares. Os parâmetros para a delimitação do território foram escolhidos por pesquisadores do Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE) da Embrapa que consideraram os aspectos do quadro natural, áreas de cerrados, socioeconômicos, características agrárias e da infraestrutura (Miranda, 2015).

O território do Matopiba possui diferentes formações vegetais e tipos de solos. Para a Nova Geografia Econômica (NGE) os elementos naturais podem ajudar a explicar as aglomerações da produção agrícola. No entanto, os elementos naturais do ambiente são insuficientes para explicar a evolução das atividades agropecuárias nesse território. Mesmo com limitações de alguns tipos de solos para as atividades agrícolas, essas se estabeleceram com políticas de infraestrutura, auxílio de tecnologias e de ocupação, que colaboraram com a expansão da fronteira agrícola no cerrado do Matopiba.

A Nova Geografia Econômica (NGE) é uma teoria que busca explicar as aglomerações produtivas no espaço geográfico e que, de acordo com Fujita (2012), encontram-se em variados níveis em uma intrincada estrutura econômica. A NGE considera dois arranjos de variáveis para explicar os agrupamentos, as de primeira e as de segunda natureza.

Figura 1 - Mapa de Localização do Matopiba



Fonte: EMBRAPA (2015). Orgs: Autores, 2023.

As variáveis de primeira natureza estão ligadas aos aspectos naturais, como clima, vegetação e relevo, enquanto as de segunda natureza estão relacionadas às características socioeconômicas, como empregos, salários, PIB, dentre outros. Por exemplo, as variáveis de primeira natureza são explicadas a partir das aglomerações ocasionadas por características naturais favoráveis, enquanto as variáveis de segunda natureza explicam as aglomerações a partir dos custos de deslocamento para escoar a produção e dos mercados consumidor e fornecedor (Souza, 2007). Assim, essa ciência regional pressupõe que o desenvolvimento da sociedade, o aumento do consumo de bens e serviços, das economias de escala e a redução de custos, constituem fatores atrativos à produção de bens agrícolas e da mão-de-obra de trabalhadores em busca de melhores salários (Cunha, 2008).

Os aglomerados da produção são resultado de duas forças, a centrípeta (atração) e a centrífuga (dispersão). A força centrípeta está associada às variáveis de economia externa, como o mercado de trabalho, por exemplo, enquanto a força centrífuga corresponde aos fatores de produção, como a renda da terra, aluguéis, dentre outros (Krugman, 1998; Stege; Bacha, 2020).

Sendo assim, as atividades agropecuárias se distribuem espacialmente considerando as características diversas, por isto um território pode apresentar diferentes padrões de distribuição

espacial (Pinheiro, 2007). Agrupamentos da produção são comuns no espaço rural pois os estabelecimentos tendem a se organizar considerando a similaridade dos aspectos da produção dentro de um espaço geográfico (Almeida; Haddad, 2004). Conseqüentemente, surge a heterogeneidade espacial que pode ser identificada pela presença de grupos de produção. Mesmo que o Matopiba seja entendido como um território construído, o processo de identificação de grupos produção requer uma abordagem regional. Por isto, a disposição desses grupos pode ser estudada a partir de conceitos da Nova Geografia Econômica.

Por certo, o acesso à infraestrutura é importante para o bom desempenho da agropecuária, já que favorece o acondicionamento, a comercialização e escoamento dos produtos de uma localidade, constituindo, na maioria das vezes, um fator preponderante nas decisões de instalações de empresas num determinado local. Assim, a infraestrutura constitui um fator de aglomeração, podendo ser entendido como uma força centrípeta na formação de aglomerados (Campos; Bacha, 2016).

Dentre os programas públicos no cerrado que estimularam a expansão das atividades agropecuárias do Matopiba, destacam-se dois: o Programa de Desenvolvimento Agrícola do Cerrado (POLOCENTRO)⁶ e o Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados (PRODECER), os quais disponibilizaram linhas de crédito e infraestrutura (Mendonça, 2004).

O PRODECER foi o programa de maior amplitude, iniciado em 1980 e executado em etapas, PRODECER I, II e III. Para Santos (2016), o PRODECER foi o projeto mais importante e realizado com objetivo de transpor as barreiras espaciais/geográficas do capitalismo e assim transformar o cerrado no polo da agricultura brasileira com apoio do Estado. O programa resultou no estabelecimento de algumas cooperativas no cerrado, particularmente nos estados do Tocantins, Maranhão e Bahia. Também impulsionou a colonização e projetos de modernização agrícola, prevendo o incentivo à agricultura irrigada, concentração de técnicas da produção agrícolas com utilização de máquinas e insumos agrícolas, além da instalação de armazéns (Souza, 2017).

O progresso do agronegócio do Matopiba refletiu economicamente como pode ser observado por meio do desempenho do Valor Adicionado Bruto (VAB) do setor agropecuário. Conforme os dados da Embrapa (2015). No entanto, mesmo com a expansão das atividades

⁶ O POLOCENTRO baseou-se nos Programas de Crédito Integrado (PCI) e foi criado em 1975 por meio do governo federal, apresentando apoio técnico, crédito rural, disponibilização de infraestrutura em estradas, armazéns e energia (PIRES, 2000, p. 111).

agropecuárias, o território apresenta desigualdade econômica, porque algumas localidades apresentaram maior destaque que outras, muitas vezes por serem mais beneficiadas pela infraestrutura disponível aliada a terras mais aptas a atividade.

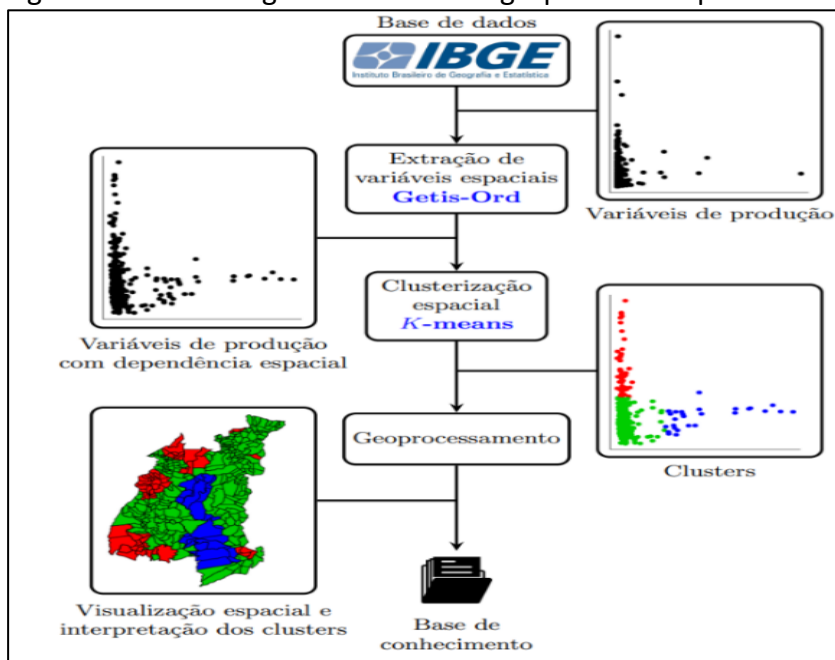
Além disso, há diferentes tipos de agricultura num território rural que se diferenciam de acordo com fatores como técnicas de produção, integração com mercados, escoamento da produção e como esses se integram economicamente (Accarini, 1987). Em particular, no Matopiba, os estabelecimentos agropecuários costumam ser categorizados entre agricultura familiar e não familiar. A distinção entre os estabelecimentos familiares e não familiares consiste num conjunto de critérios. Conforme a Lei nº 11.326, do ano 2006, um imóvel é dito familiar se sua área for de até 4 módulos fiscais, a mão de obra utilizada for predominantemente da própria família, a renda familiar for originada principalmente dessas atividades e o estabelecimento for dirigido pela família. Alternativamente, um estabelecimento é dito não familiar se não se enquadra na Lei nº 11.326 (IBGE, 2009). Sendo assim, para uma adequada compreensão da distribuição espacial da produção agropecuária do Matopiba, é necessário considerar os diferentes tipos de estabelecimentos familiar e não familiar.

3 Padrões espaciais da produção agropecuária do Matopiba: aspectos metodológicos

O objetivo principal deste trabalho é identificar os padrões espaciais da produção agropecuária nos municípios que formam o Matopiba. Para isso, foi proposta uma metodologia de agrupamento espacial para obter grupos de acordo com a similaridade da produção de cada município. Considerando a discussão apresentada na Seção 2, essa metodologia foi aplicada em três casos, considerando: (i) todos os estabelecimentos agropecuários; (ii) somente os estabelecimentos de agricultura não familiar; (iii) somente os estabelecimentos de agricultura familiar. Esta distinção foi realizada para compreender as particularidades da distribuição espacial da produção agropecuária em cada tipo de agricultura desenvolvida no Matopiba.

O procedimento metodológico proposto para obter os grupos de produção considerando a dependência espacial entre as variáveis está na Figura 3. A metodologia proposta possui quatro etapas principais: (i) Construção da base de dados, (ii) Transformação das variáveis de produção para variáveis com dependência espacial por meio da estatística *Getis-Ord*, (iii) agrupamento espacial utilizando o método *K-means*, (iv) Geoprocessamento dos resultados do agrupamento espacial.

Figura 2 - Metodologia de análise de agrupamento espacial



Fonte: Autores, 2021.

Especificamente, a partir da elaboração da base de dados da produção agropecuária do Matopiba, aplicou-se a estatística de *Getis-Ord* como método de extração de dados espaciais, resultando nas variáveis de produção com dependência espacial. No entanto, até este ponto não havia informação sobre os grupos de produção, que podiam não ser facilmente obtidos especialmente no caso de muitas variáveis sob análise. Por este motivo, adotou-se o método *K-means* para obter os grupos de produção considerando a dependência espacial. Por fim, realizou-se a espacialização dos resultados utilizando técnicas de geoprocessamento para a apresentação apropriada e discussão dos resultados.

3.1 Construção da base de dados

Para a elaboração da base de dados foram coletadas variáveis dos Censos Agropecuários dos anos de 2006 e 2017 (Anexo A). As variáveis coletadas dizem respeito ao valor da produção dos estabelecimentos agropecuários dos 337 municípios que formam o Matopiba, a partir dos seguintes grupos de atividades econômicas: lavouras temporárias, horticultura e floricultura, lavouras permanentes, sementes e mudas certificadas, pecuária e criação de outros animais, produção florestal - florestas plantadas, produção florestal - florestas nativas, pesca e aquicultura.

Para definir os grupos de atividades econômicas consideradas mais relevantes para a produção total do Matopiba, considerou-se o valor da produção das subclasses dos grupos de atividades produtivas. Ainda, com o intuito de considerar de fato as variáveis mais relevantes, utilizou-se apenas as subclasses com participação acima de 1% no valor da produção das atividades econômicas para a identificação dos grupos de produção nos três casos a serem analisados (total, agricultura não familiar e agricultura familiar). Por este motivo, o número de variáveis da produção agropecuária se modificou nas tipologias de estabelecimentos familiares e não-familiares.

Após esta etapa de coleta das variáveis da produção agropecuária mais relevantes, em cada caso, os dados foram organizados na seguinte forma de matriz de dados:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

onde \mathbf{x}_i é o i -ésimo município, x_{ij} é o valor da j -ésima variável de produção agropecuária do i -ésimo município, $n = 337$ é o número total de municípios e p é o número de variáveis de produção agropecuária selecionadas para cada análise realizada.

3.2 Extração de variáveis espaciais

Para avaliar a relação espacial entre as variáveis de produção dos municípios, considerou-se a seguinte matriz de contiguidade binária:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{np} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

Onde

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o município } i \text{ é contíguo ao município } j, \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases}$$

para todo $i, j = 1, \dots, n$.

A partir das matrizes \mathbf{X} em (1) e \mathbf{W} em (2) é possível determinar a relação espacial entre as variáveis de produção agropecuária. Para isso, este trabalho considerou a estatística espacial local *Getis-Ord* G_i^* (Getis; Ord, 1992), que é uma técnica de associação espacial que pode ser

utilizada para detectar *clusters* de padrões espaciais considerando a contiguidade, em que se obtém *clusters* de alta e baixa concentração espacial (Cerqueira, 2015; Scrucca, 2005).

A estatística *Getis-Ord* produz escores-z, ou escores padrão, relacionados ao desvio padrão, e valores-p, que estão relacionados à probabilidade estatística de um dado atributo ser agrupado. Desta forma, valores estatisticamente significativos positivos do escore padrão indicam que um determinado local e suas regiões vizinhas têm valores mais elevados do que a média (*hot-spots*), enquanto valores estatisticamente significativos negativos indicam que um determinado local e suas regiões vizinhas têm valores menores do que a média (*cold-spots*) (Scrucca, 2005, p. 6). Valores não-significativos representam possíveis *outliers*. Em geral, a estatística G_i^* é definida para o caso univariado, portanto, para obter uma matriz de valores espaciais multidimensional a partir dos dados \mathbf{X} e da matriz de contiguidade \mathbf{W} , a estatística G_i^* foi aplicada a cada uma das colunas de \mathbf{X} , que correspondem às variáveis de produção estudadas (Scrucca, 2005, p. 12). A partir disso, obtém-se a seguinte matriz de dados com dependência espacial:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} \mathbf{z}_1 \\ \mathbf{z}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{z}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1p} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{np} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

onde

$$z_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n w_{ik} x_k - \bar{x}_j w_i}{\left[\frac{s_j^2}{n-1} (n \sum_{k=1}^n w_{ik}^2 - w_i^2) \right]^{1/2}}, \quad (4)$$

sendo $w_i = \sum_{k=1}^n w_{ik}$ a soma dos elementos da i -ésima linha da matriz \mathbf{W} , $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$ é a média da j -ésima variável, e $s_j^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{kj} - \bar{x}_j)^2$ é o desvio padrão da j -ésima variável (Rogerson, 2001).

3.3 Análise de agrupamento espacial

Com o objetivo de obter os grupos de produção agropecuária com dependência espacial, a análise de agrupamento espacial foi utilizada. O objetivo da análise é identificar grupos de municípios que possuem variáveis semelhantes entre si, levando em conta a informação de dependência espacial fornecida pela estatística local de *Getis-Ord*. Assim, a matriz de dados com dependência espacial \mathbf{Z} será considerada nesta etapa. Os agrupamentos espaciais foram obtidos

segundo o critério de similaridade das variáveis, tal que municípios em um mesmo grupo possuem variáveis mais similares entre si e mais distintas entre os municípios dos demais grupos.

Mesmo que seja possível avaliar a dependência espacial dos escores padrão para cada uma das variáveis, realizar essa avaliação para diversas variáveis e, ainda, obter informações de dependência entre elas, é uma tarefa inviável. Por este motivo, Scrucca (2005) e Peeters *et al.*, (2015) propuseram a aplicação do método de agrupamento *K-means* para particionar os dados da matriz **Z**. Apesar do método *K-means* originalmente não levar em conta a dependência espacial entre as variáveis, aplicá-lo à matriz de variáveis espaciais **Z** é uma alternativa para introduzir informação de dependência espacial à análise, constituindo, portanto, uma metodologia para análise de agrupamento espacial.

O objetivo do método *K-means* é obter uma *K*-partição dos dados, neste caso, da matriz **Z**. A partição obtida, denotada por $C = \{C_1, C_2, \dots, C_K\}$, com $K < n$, satisfaz às seguintes propriedades (Xu; Wunsch, 2005, p.660):

- 1) $C_i \neq \emptyset, i = 1, \dots, K$
- 2) $\bigcup_{i=1}^K C_i = Z$
- 3) $C_i \cap C_j = \emptyset, i = 1, \dots, K \text{ e } i \neq j.$

A primeira propriedade garante que nenhum grupo da partição obtida seja vazio, ou seja, deve conter pelo menos um município. Já a segunda propriedade garante que a união de todos os grupos da partição resulta na matriz de dados espaciais **Z**, ou seja, cada município deve estar contido em alguma das partições. Finalmente, a terceira propriedade garante que a intersecção entre os grupos é vazia, ou seja, nenhum município pode estar alocado em mais de um grupo.

Para obter a partição *C* da matriz de dados **Z**, o *K-means* busca minimizar o seguinte critério de erro Quadrático (Cerqueira, 2015, p.187; Scrucca, 2005, p. 12; Xu; Wunsch, 2005, p. 659):

$$J(U, M) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^n \mu_{ij} \|z_j - m_i\|^2, \quad (5)$$

onde

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \cdots & \mu_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{K1} & \mu_{K2} & \cdots & \mu_{Kn} \end{bmatrix}, \quad \mu_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } z_j \text{ pertence ao grupo } C_i, \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases} \quad (6)$$

é a matriz de partição,

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \mathbf{m}_1 \\ \mathbf{m}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{m}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \cdots & m_{1p} \\ m_{21} & m_{22} & \cdots & m_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{K1} & m_{K2} & \cdots & m_{Kp} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{m}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^n \mu_{ij} \mathbf{z}_j, \quad (7)$$

é a matriz de centros dos grupos e n_i é o número de municípios no i -ésimo grupo. O algoritmo *K-means* é apresentado a seguir (Xu; Wunsch, 2005, p. 660):

- 1) Inicialização: Número de grupos $K < n$ e matriz de centros $\mathbf{M} = [\mathbf{m}_1, \dots, \mathbf{m}_k]$;
- 2) Atribua cada município do conjunto de dados ao grupo mais próximo C_k de acordo com o seguinte critério:

$$Z_j \in C_k, \text{ se } \|z_j - m_k\| < \|z_j - m_i\|, \text{ para } j = 1, \dots, n, i \neq k, \text{ e } i = 1, \dots, K; \quad (8)$$

- 3) Recalcule a matriz de centros da partição atual utilizando (6)-(7);
- 4) Repita os passos 2) e 3) até que não haja mudanças significativas em cada um dos grupos.

Como pode ser observado pelo algoritmo *K-means*, a partição final obtida depende intimamente do número de grupos K e da matriz de centros \mathbf{M} fornecida inicialmente, já que diferentes escolhas dessa matriz geralmente resultam em partições diferentes. Neste trabalho, para determinar o número de grupos K , utilizou-se o método da silhueta (Rousseeuw, 1987) e a inicialização dos centros foi realizada utilizando o algoritmo *fuzzy c-means* inicializado, por sua vez, pelo *kmeans++*. Ambos os procedimentos foram realizados utilizando as rotinas disponíveis na base do *R*. Apesar de ser possível empregar outros métodos de agrupamento mais elaborados, como o próprio algoritmo *fuzzy c-means*, que é uma extensão do *K-means*, optou-se por utilizar o *K-means* devido à maior facilidade na interpretação dos resultados obtidos. Além disso, apesar da simplicidade do *K-means*, ele é um algoritmo aplicado em diversos problemas práticos que produz resultados adequados para conjuntos de dados com grupos compactos (Wunsch, 2005), como é o caso deste trabalho.

No caso univariado, a interpretação dos escores padrão obtidos da estatística *Getis-Ord* é direta. No entanto, no caso multivariado essa interpretação requer a análise de correlação entre as diversas variáveis para identificar os *hot-spots* e *cold-spots* podem ser identificados utilizando somente a informação da matriz de centros \mathbf{M} obtida do algoritmo *K-means* que, para o caso em análise, representa os valores significativos de dependência local de cada grupo levando em conta todas as variáveis. Desta forma, em vez de avaliar o escore padrão de cada um dos municípios em cada uma das variáveis, a análise foi simplificada ao analisar os valores dos escores somente nos K centros obtidos, agregando interpretabilidade ao modelo obtido.

Neste trabalho, os grupos de municípios foram classificados considerando o nível de confiança de 80%, de modo que se o valor da variável do centro for maior do que 1,28, representa um *hot-spot*, e, quando for menor que -1,28, representa um *cold-spot* para a variável analisada.

4 Agrupamento espacial da produção agropecuária do Matopiba

Nesta seção são apresentados os resultados dos grupos espaciais da produção agropecuária do Matopiba, obtidos a partir da aplicação da metodologia de análise de agrupamento espacial proposta neste trabalho. A análise foi realizada considerando a produção agropecuária (total, familiar e não-familiar) dos estabelecimentos dos 337 municípios que compõem o Matopiba nos anos 2006 e 2017. Primeiramente, realizou-se análise descritiva do valor da produção por grupo de atividade econômica. No segundo momento, foram identificados os agrupamentos espaciais de produção a partir das atividades agropecuárias com as maiores participações no valor da produção.

4.1 Importância das diferentes atividades agropecuárias do Matopiba

No sentido de avaliar a influência das diferentes atividades econômicas sobre a produção agropecuária do Matopiba, calculou-se a participação percentual do valor da produção de cada grupo de atividade econômica, para a agricultura familiar e não familiar, em 2006 e 2017 (Tabela 1). Dos grupos de atividades econômicas investigadas, a pecuária e criação de outros animais e a lavoura temporária apresentaram a maior participação percentual no valor da produção, tanto para agricultura familiar quanto para a não familiar, nos dois períodos pesquisados.

Contudo, existem diferenças importantes que precisam ser destacadas. Em 2006, a lavoura temporária gerou maior valor da produção, tanto para o agricultor familiar (13,29%), como, principalmente, para o agricultor não familiar (53,74%). Em 2017, o agricultor familiar alcançou maior valor da produção advindo da pecuária (8,31%) e o agricultor não familiar aumentou ainda mais o valor da sua produção com as lavouras temporárias, que alcançou 68,91% do total (Tabela 1). Sendo assim, a partir da participação do valor da produção, pode-se concluir que as atividades econômicas que mais se sobressaíram no Matopiba foram a pecuária e a lavoura temporária.

Tabela 1 - Participação (%) do valor da produção dos grupos de atividades econômicas dos estabelecimentos agropecuários (familiares e não familiares) do Matopiba, 2006 e 2017

Grupos de atividades econômicas	2006		2017	
	Familiar	Não familiar	Familiar	Não familiar
Produção de lavouras temporárias	13,29	53,74	2,49	68,91
Horticultura e floricultura	0,49	0,1	0,17	0,05
Produção de lavouras permanentes	2,33	3,44	0,4	1,49
Produção de sementes e mudas certificadas	0,01	0	0	0,26
Pecuária e criação de outros animais	7,87	16,11	8,31	16,97
Produção florestal - florestas plantadas	0,4	0,14	0,02	0,16
Produção florestal - florestas nativas	1,69	0,19	0,4	0,04
Pesca	0,01	0	0	0
Aquicultura	0,05	0,14	0,04	0,31
Total	26,14	73,86	11,83	88,17

Fonte: IBGE (2006; 2017). Orgs. Autores, 2021.

Uma vez determinados os grupos de atividades econômicas predominantes nos estabelecimentos agropecuários do Matopiba, delineou-se as principais subclasses da lavoura temporária e da criação de animais. Para identificar as subclasses mais relevantes, foram calculadas as participações do valor da produção de cada cultura da lavoura temporária e de cada tipo de animal da pecuária no valor total da produção agropecuária⁷. As subclasses com participação percentual maior que 1% estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Culturas da lavoura temporária com participação maior que 1% no valor total da produção da lavoura temporária do Matopiba nos anos de 2006 e 2017

2006		2017	
Culturas	Valor da produção (%)	Culturas	Valor da produção (%)
Soja em grão	44,95	Soja em grão	63,68
Algodão herbáceo	20,60	Milho em grão	15,15
Arroz em casca	12,63	Algodão herbáceo	8,94
Milho em grão	11,02	Arroz em casca	3,39
Mandioca	3,59	Cana de açúcar	2,67
Cana de açúcar	1,88	Mandioca	1,61
Feijão Fradinho em grão	1,06	Demais culturas	4,56
Demais Culturas	4,27	-	-

Fonte: IBGE (2006; 2017). Orgs. Autores, 2021.

Em termos de participação do valor da produção, as três culturas com maior destaque no Matopiba, em 2006, foram a soja em grão (44,95%), algodão herbáceo (20,60%) e arroz em casca (12,63%); o milho ocupa a quarta posição (11,02%), percentual próximo ao do arroz em casca.

⁷ Ressalta-se que para a correta comparação entre os anos, os valores do ano 2006 foram deflacionados por meio do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), tendo 2017 como ano base.

Em 2017, transformações são verificadas, as culturas de maior participação no valor da produção da lavoura temporária foram a soja em grão (63,68%), milho em grão (15,15%) e algodão herbáceo (8,94%). A partir desses resultados, pode-se inferir que o Matopiba se configura com alta produção de culturas relacionadas à *commodities*, e esse aspecto se consolidou ainda mais no ano de 2017, visto o aumento da participação da soja e milho (Tabela 2).

Nos dados da participação percentual no valor da produção da agricultura não familiar, apresentados na tabela 3, destaca-se a produção da soja em grão. Em 2006, os imóveis não familiares apresentaram maior participação do valor da produção de grãos, que são representativos como *commodities* para exportação, como a soja (59,63%), algodão herbáceo (21,37%) e milho (10,05%). Em 2017, a soja em grãos (51,7%) se manteve como a mais representativa, o milho alcança o segundo lugar (22,89%), e o algodão herbáceo (14,32%). Além disso, nas propriedades não familiares registrou-se mais quatro produtos: arroz em casca, cana-de-açúcar, feijão fradinho e sementes de soja.

Tabela 3 - Culturas com participação maior que 1% no valor total da produção de lavouras temporárias da agricultura não familiar do Matopiba, em 2006 e 2017

2006		2017	
Culturas	Valor da produção (%)	Culturas	Valor da produção (%)
Soja em grão	59,63	Soja em grão	51,7
Algodão herbáceo	21,37	Milho em grão	22,89
Milho em grão	10,05	Algodão herbáceo	14,32
Arroz em casca	4,54	Arroz em casca	4,35
Demais culturas	4,41	Cana-de-açúcar	2,13
-	-	Feijão fradinho (grão)	1,26
-	-	Sementes de soja	1,02
-	-	Demais culturas	2,33

Fonte: IBGE (2006; 2017). Orgs. Autores, 2021.

Conforme apresentado na Tabela 4, as culturas com participação maior que 1% no valor da produção das lavouras temporárias dos estabelecimentos familiares do Matopiba, em 2006, foram: o arroz em casca (46,58%), o milho em grão (17,71%) e a mandioca (16,37%). Em 2017, a mandioca (34,51%) passa a ser a cultura com maior participação, seguida do milho em grão (17,14%), que manteve o nível de participação, e do arroz em casca (15,80%) que perdeu significativa participação. Entre os produtores familiares observa-se ainda outras culturas e, por isto, maior diversificação produtiva: feijão fradinho, cana-de-açúcar, feijão de cor, feijão verde, soja em grão, melancia, abóbora e abacaxi.

Tabela 4 - Culturas com participação maior que 1% no valor total da produção de lavouras temporárias dos estabelecimentos familiares do Matopiba, em 2006 e 2017

2006		2017	
Culturas	Valor da produção (%)	Culturas	Valor da produção (%)
Arroz em casca	46,58	Mandioca	34,51
Milho em grão	17,71	Milho em grão	17,14
Mandioca	16,37	Arroz em casca	15,8
Feijão fradinho em grão	3,95	Soja em grão	6,38
Cana de açúcar	3,61	Cana de açúcar	5,66
Feijão de cor em grão	2,38	Abacaxi	5,27
Feijão verde	2,04	Feijão fradinho (grão)	4,32
Soja em grão	1,43	Melancia	3,92
Melancia	1,35	Abóbora	2,56
Abóbora	1,28	Feijão verde	1,22
Abacaxi	1,26	Demais culturas	3,22
Demais culturas	2,04	-	-

Fonte: IBGE (2006; 2017). Orgs. Autores, 2021.

Para o grupo de atividade econômica da pecuária e criação de outros animais do Matopiba, também foram calculadas as participações do valor da produção do efetivo de cada espécie, destacando aquelas com participação maior que 1%, tanto para a agricultura familiar quanto para a não familiar. No ano de 2006, a produção de animais de grande porte se destaca nos estabelecimentos não familiares (92,85%) e nos familiares (79,95%). Em 2017, a participação do valor da produção de animais de grande porte continua se destacando nos estabelecimentos familiares (89,07%) e não familiares (90%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Subclasses de atividades com participação maior que 1% no valor da produção pecuária e criação de outros animais dos estabelecimentos (familiares e não familiares) do Matopiba, em 2006 e 2017

Tipo de pecuária	2006		2017	
	Familiar(%)	Não familiar(%)	Familiar(%)	Não familiar(%)
Animal - de grande porte	79,95	92,85	89,07	90,0
Animal - de médio porte	5,76	1,73	3,1	0,74
Animal – aves	14,29	5,42	7,83	9,26

Fonte: IBGE (2006; 2017). Orgs. Autores, 2021.

A grande representação da produção de animais de grande porte se dá na criação de bovinos, que também é uma *commodity* de grande aceitação no mercado externo, tanto que o Brasil é um dos maiores exportadores de carne bovina no mundo (Embrapa, 2020). Sendo assim, observa-se que a produção agropecuária do Matopiba não destoa desse padrão do agronegócio. Ademais, é importante estudar a organização espacial dessa produção, já que a produção

agropecuária pode ser distribuída de forma homogênea ou heterogênea nos municípios ou grupos de municípios de um território.

4.2 Os grupos espaciais da produção agropecuária do Matopiba

Os agrupamentos espaciais foram obtidos segundo critérios de similaridade das variáveis espaciais, de modo que municípios em um mesmo grupo possuem variáveis do valor da produção agropecuária similares entre si, mas distintas entre os municípios dos demais grupos. Como as variáveis espaciais foram obtidas por meio da estatística *Getis-Ord*⁸ padronizada, os valores dos centros dos grupos podem ser interpretados conforme os seguintes níveis de confiança: para o nível de confiança de 80%, se o valor da variável do centro do grupo estiver acima de 1,28, representa um *hot spot*⁹ e, quando menor que -1,28, representa um *cold spot*¹⁰.

Em todos os casos apresentados, a análise de agrupamento espacial foi realizada considerando 3 grupos de municípios. Cada grupo obtido é representado por uma cor e os municípios são alocados em cada grupo a depender da proximidade com o valor do centro do grupo. As variáveis utilizadas na análise dizem respeito à dependência espacial, obtida pela estatística *Getis-Ord*, a partir dos valores da produção das culturas da lavoura temporária e do efetivo do rebanho da pecuária que apresentaram participação superior a 1% no valor da produção.

Os resultados da análise de agrupamento espacial da produção agropecuária dos municípios do Matopiba nos anos de 2006 e 2017 estão apresentados na figura 4 e na tabela 6 encontram-se os valores dos centros dos grupos indicando os *hot spots* e *cold spots* da produção. Em 2006, o Grupo 1 apresentou valor da produção pouco significativo nas culturas da lavoura temporária e no efetivo do rebanho, conforme os valores do centro do grupo. O Grupo 2 apresentou *hot spot* na produção de arroz em casca, animais de grande porte e de médio porte.

E o Grupo 3 denotou *hot spot* na produção de milho e soja em grão, algodão herbáceo, demais culturas e animais de médio porte. Em 2017, o Grupo 1 continuou apresentando baixa significância nas culturas da lavoura temporárias e no rebanho. No entanto, o Grupo 2 denotou

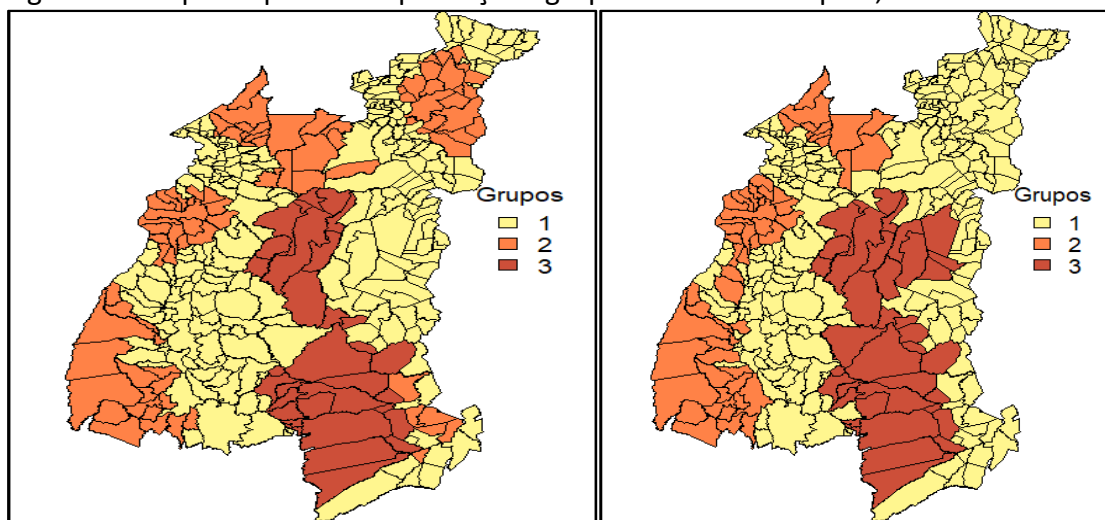
⁸ A estatística *Getis-Ord* produz *escores* padrão que estão relacionados à probabilidade estatística de um dado atributo ser agrupado. Desta forma, valores estatisticamente significativos do *escore* padrão representam dependência espacial. Maiores detalhes ver Santos (2021).

⁹ *Hot spot* significa valores estatisticamente significativos positivos do *escore* padrão da estatística *Getis-Ord*, que representam dependência espacial de valores altos em torno de uma dada localização. Detalhes ver Seção 3.

¹⁰ *Cold spot* significa valores estatisticamente significativos negativos do *escore* padrão da estatística *Getis-Ord*, que representam dependência espacial de valores baixos em torno de uma dada localização. Detalhes ver Seção 3.

mudança na produção passando a ser um *hot spot* apenas na produção de animais de grande porte. O Grupo 3 se mostrou *hot spot* na produção do milho e soja em grão, demais culturas e aves, expandindo sua atividade sobre alguns municípios do Grupo 1.

Figura 4 - Grupos espaciais da produção agropecuária do Matopiba, em 2006 e 2017



Fonte: Dados da pesquisa. Orgs. Autores, 2021.

Comparando a configuração espacial da produção do Matopiba nos anos de 2006 e 2017, foi possível perceber que houve transformações da produção. Em 2006, entre os grupos analisados, o Grupo 1 não registrou transformações significativas, pois manteve a produção com baixa significância em ambos os períodos. O Grupo 2 deixou de ser *hot spot* do arroz em casca e passou a especializar a sua produção em animais de grande porte no ano de 2017.

Tabela 6 - Centros dos grupos espaciais da produção agropecuária do Matopiba, em 2006 e 2017

	2006			2017		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Milho em grão	-0,28	-0,21	3,66	-0,32	-0,45	3,78
Soja em grão	-0,24	-0,45	4,30	-0,37	-0,27	3,96
Arroz em casca	-0,23	1,33	-0,16	-0,20	1,11	-0,22
Mandioca	0,01	0,23	0,02	-0,24	-0,23	-0,23
Cana de açúcar	0,05	-0,24	0,52	0,08	-0,28	-0,07
Algodão herbáceo	-0,22	-0,24	3,18	-0,25	-0,26	-2,72
Demais culturas	-0,13	-0,25	3,14	-0,27	0,18	2,17
Animal de grande porte	-0,47	1,97	-0,05	-0,51	3,34	-0,21
Animal de médio porte	-0,43	1,28	1,88	0,10	-0,03	1,19
Aves	0,01	0,03	0,17	-0,12	-0,09	1,92

Fonte: Dados da pesquisa. Autores, 2021.

Nota: Valores em negrito indicam valores significativos da estatística Getis-Ord.

A mudança produtiva desse grupo o reestruturou, fazendo com que a produção de animais de grande porte se tornasse mais significativa financeiramente no ano mais recente, e excluiu alguns municípios como, os municípios mais ao norte do Maranhão e alguns da Bahia, que não compunham mais esse agrupamento (Figura 4; Tabela 6).

Em 2006, o Grupo 3 apresentou maior número de *hot spots* com destaque financeiro, em 2017, as atividades de animais de médio porte perderam significância em detrimento da criação de aves. Neste último ano as transformações produtivas dos grupos indicaram maior especialização da produção, principalmente para o Grupo 2, que concentrou a produção na criação de animais de grande porte, e para o Grupo 3 que centralizou a produção, em sua maioria, nos produtos da lavoura temporária com o acréscimo da criação de aves (Tabela 6).

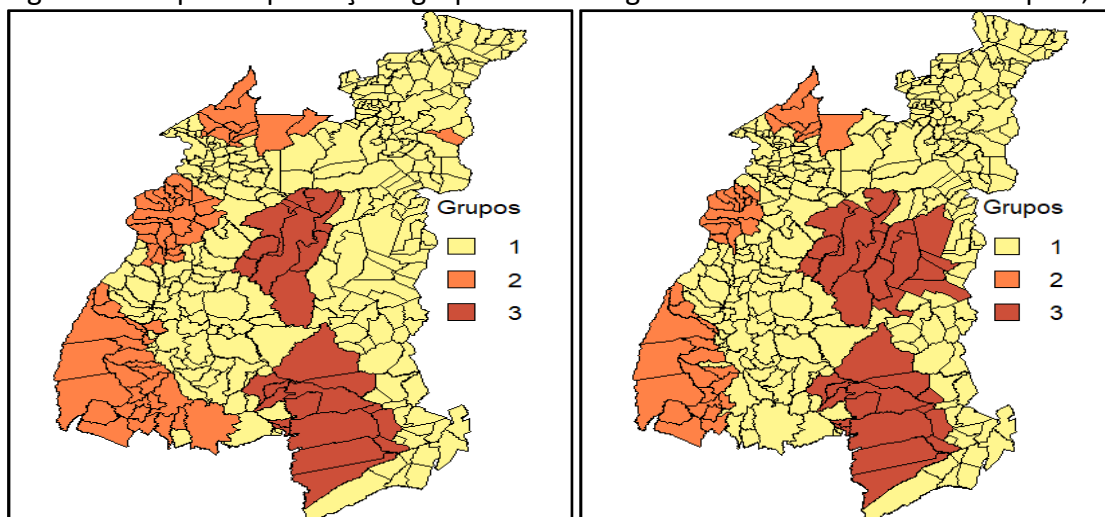
Portanto, o padrão espacial da produção agropecuária do Matopiba denotou heterogeneidade produtiva e indicou importantes modificações espaciais entre 2006 e 2017. Em 2006, nota-se o Oeste da Bahia e a porção central do território com condições favoráveis ao desenvolvimento de algumas culturas associadas às políticas de ocupação agrícola e de infraestrutura, podem ter desencadeado a formação do Grupo 3. Já em 2017, o Grupo 2 apresentou *hot spots* nas atividades relacionadas à pecuária, que pode ser um efeito de transbordamento das atividades de outra fronteira agrícola da Amazônia em que há atividades de pecuária intensiva (Figura 4). Além disso, faz-se necessário entender as diferenças entre a produção e sua disposição espacial entre a agricultura não familiar e familiar.

4.3 Os grupos espaciais da produção agropecuária não familiar do Matopiba

A análise de agrupamento da produção não familiar considerou três grupos da produção. Em 2006, o Grupo 1 caracterizou-se com baixa significância da produção, já o Grupo 2 indicou produção concentrada em animais de grande porte, enquanto o Grupo 3 sinalizou *hot spots* na produção do algodão herbáceo, milho em grão, soja em grão, feijão fradinho em grão, demais culturas e na produção de animais de médio porte (Figura 5; Tabela 7).

No ano de 2017, o Grupo 1 manteve a baixa significância da produção. O Grupo 2 reduziu o número de municípios e cresceu em *hot spots* para sementes de soja, arroz em casca e animais de grande porte. O Grupo 3 não apresentou significativas modificações na produção da lavoura temporária, pois os *hot spots* da produção permaneceram para algodão herbáceo, milho em grão, soja em grão, feijão fradinho em grão e “demais culturas”; na produção animal apresentou significância em animais de médio porte e aves (Figura 5; Tabela 7).

Figura 5 - Grupos da produção agropecuária da agricultura não familiar do Matopiba, 2006 e 2017



Fonte: Dados da pesquisa. Orgs. Autores, 2021.

Entre os anos 2006 e 2017 os padrões espaciais da produção não familiar apresentaram poucas diferenças na organização dos grupos de produção. O Grupo 2 se manteve ao Oeste do território; enquanto o Grupo 3 se manteve mais ao centro. Os Grupos 2 e 3 apresentaram pequena expansão no tamanho. O Grupo 1 se manteve com baixa significância à todas as culturas e efetivo dos rebanhos. O Grupo 2 apresentou *hot spots* em mais culturas (incluindo arroz em casca e sementes de soja) e animal de grande porte no ano de 2017, enquanto em 2006 era *hot spot* apenas na criação de animais de grande porte. O Grupo 3 apresentou redução no número de culturas da lavoura temporária (excluindo o arroz em casca e a semente de soja) e aumento na produção animal (incluindo a produção na criação de aves) que apresentaram *hot spot* em 2017 (Figura 5; Tabela 7).

Pelos resultados apresentados para o ano de 2006 e 2017, pode-se considerar o padrão heterogêneo na produção agropecuária do Matopiba. Além disso, destaca-se o Grupo 3 com alta significância e maior quantidade de *hot spots*. A disposição espacial dos grupos e o desempenho da produção pode estar associado a diversos fatores como, a proximidade das ferrovias, portos, armazéns, sistemas de irrigação. Esses elementos podem ser caracterizados como os elementos da segunda natureza da NGE que propiciaram maior valor da produção, principalmente para o algodão, milho, soja, criação de animais de médio porte e aves, que explicam os aglomerados de municípios.

Tabela 7 - Centros dos grupos espaciais da produção agropecuária não familiar do Matopiba em 2006 e 2017

	2006			2017		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Algodão herbáceo	-0,17	-0,20	3,05	-0,18	-0,26	2,56
Milho em grão	-0,19	-0,32	3,96	-0,32	-0,43	4,29
Soja em grão	-0,18	-0,42	4,64	-0,28	-0,05	3,54
Arroz em casca	-0,18	0,84	1,02	-0,21	1,71	-0,16
Cana-de-açúcar	0,01	-0,16	-0,12	0,06	-0,15	-0,15
Feijão fradinho em grão	-0,02	-0,56	2,58	-0,30	-0,16	3,79
Sementes de soja	-0,14	-0,14	1,02	-0,20	1,49	-0,21
Demais culturas	-0,20	-0,08	3,75	-0,22	-0,21	2,57
Animal de grande porte	-0,51	3,21	-0,14	-0,41	4,20	-0,19
Animal de médio porte	-0,20	0,70	3,28	-0,05	-0,26	2,11
Aves	-0,04	-0,15	-0,03	-0,12	-0,19	2,23

Fonte: Dados da pesquisa. Orgs. Autores, 2021.

Nota: Valores em negrito indicam valores significativos da estatística Getis-Ord.

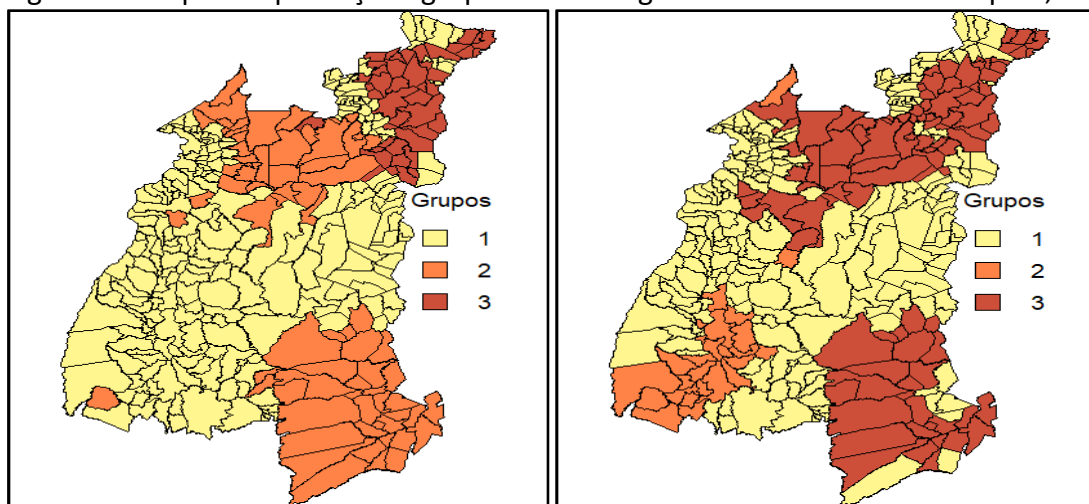
O padrão espacial da agricultura não familiar é similar à disposição espacial geral da produção agropecuária do Matopiba. Isso pode ocorrer devido a influência financeira no valor da produção dos não familiares. Entende-se que a agricultura não familiar ocupa as maiores áreas em estabelecimentos (Santos *et al*, 2021) e detém de maiores investimentos e disposição de infraestrutura, por isso é possível observar a influência desse tipo de agricultura para o referido território.

4.4 Os grupos espaciais da produção agropecuária familiar do Matopiba

Para a agricultura familiar do Matopiba foram identificados três grupos espaciais da produção agropecuária nos anos de 2006 e 2017. Em 2006, os municípios do Grupo 1, corresponde à produção com baixa significância nas culturas da lavoura temporária e no efetivo do rebanho. Por outro lado, observa-se que o Grupo 2 apresentou *hot spots* na produção de demais culturas, animais de grande porte e aves (Figura 6; Tabela 8).

O Grupo 3 apresentou *hot spots* na produção de arroz em casca, milho em grão, mandioca, abóbora, feijão verde, melancia e animais de médio porte. Em 2017, o Grupo 1 se manteve com baixa significância nas culturas da lavoura temporária e no efetivo do rebanho. Os municípios do Grupo 2 denotou *hot spots* na produção de soja e demais culturas, modificando o padrão. Já o Grupo 3 denotou *hot spots* na produção de milho, abóbora, feijão verde e animais de médio porte.

Figura 6 - Grupos da produção agropecuária da agricultura familiar do Matopiba, 2006 e 2017



Fonte: Dados da pesquisa. Orgs. Autores, 2021.

As principais transformações no padrão espacial da produção da agricultura familiar entre 2006 e 2017, ocorreram no Grupo 3 que ocupou áreas que antes eram do Grupo 2. O Grupo 2 que deixou de ser *hot spot* na produção animal e apresentou *hot spots* nos produtos da lavoura temporária, soja em grão e demais culturas. Este grupo antes era constituído de municípios do Maranhão e Bahia e alguns poucos no Tocantins e Piauí, passando a ser constituído majoritariamente por municípios do Tocantins. O Grupo 3 apontou mudanças como, a redução na significância da produção da lavoura temporária em 2017, passando a ser *hot spot* em 3 culturas da lavoura temporária (milho, abóbora, feijão verde), mantendo o *hot spot* na produção de animais de médio porte (Tabela 8; Figura 6).

Tabela 8 - Centros dos grupos da produção agropecuária da agricultura familiar do Matopiba em 2006 e 2017

	2006			2017		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Arroz em casca	-0,38	-0,08	3,15	-0,36	0,17	1,20
Mandioca	-0,32	0,01	2,09	-0,17	-0,42	0,85
Milho em grão	-0,48	0,90	1,93	-0,51	-0,38	1,78
Abacaxi	0,22	-0,25	-0,23	0,10	0,92	-0,17
Abóbora, moranga, jerimum	-0,27	0,08	1,60	-0,39	0,13	1,33
Cana-de-açúcar	-0,43	1,01	0,49	-0,25	0,06	0,73
Feijão de cor em grão	-0,29	1,07	0,31	0,39	-0,63	0,93
Feijão fradinho em grão	-0,16	0,11	0,90	-0,27	-1,05	1,19
Feijão verde	-0,46	0,56	1,76	-0,46	-0,84	1,53
Soja em grão	0,01	0,23	-0,32	-0,25	4,57	-0,38
Melancia	-0,43	0,66	1,77	-0,43	0,50	1,24
Demais culturas	-0,51	1,65	0,96	-0,31	5,26	-0,31
Animal de grande porte	-0,31	2,41	-1,26	-0,10	0,79	0,72
Animal de médio porte	-0,57	0,94	2,59	-0,34	-0,18	1,40
Aves	-0,30	1,84	0,49	-0,19	1,25	0,79

Fonte: Dados da pesquisa. Orgs. Autores, 2021.

Nota: Valores em negrito indicam valores significativos da estatística Getis-Ord.

O padrão da produção da agricultura familiar denotou heterogeneidade e diversidade em número de culturas da lavoura temporária em comparação com a agricultura não-familiar. Na agricultura familiar as culturas em destaque têm importância no abastecimento de alimentos do mercado interno, além de serem produtos característicos da pequena agricultura, exceto a produção de animais de grande porte e o cultivo da soja. Os *hot spots* de animais de grande porte, apesar de serem comumente representados pela grande agricultura, também apontaram produção expressiva na agricultura familiar em 2006, certamente pela proximidade a outros estabelecimentos não familiares e os canais de comercialização locais.

5 Considerações finais

Neste trabalho foi possível identificar os padrões espaciais da produção agropecuária, a partir dos diferentes grupos de atividades produtivas dos estabelecimentos agropecuários (familiares e não familiares), em 2006 e 2017, dos 337 municípios que formam o Matopiba. Os resultados apontaram que, principalmente para o produtor não familiar, as atividades econômicas da criação de animais e da lavoura temporária foram as que mais se destacaram financeiramente, especificamente as culturas do algodão, soja, milho, além da criação de bovinos, todas com grande aceitação no mercado agroexportador. Comparando os estabelecimentos familiares e não-familiares, observou-se que a agricultura familiar apresentou maior diversidade de produtos que a agricultura não familiar.

Por certo, diversos fatores envolvem a produção agropecuária, sobre o que é produzido e onde é produzido, determinando a cultura ou o tipo de criação de animais. Um dos fatores de produção é a terra. Todos aqueles programas instituídos no Matopiba estimularam a expansão de áreas agrícolas e da pecuária, com destaque para o aumento da produção de grãos, principalmente de soja e milho, de forma concentrada em alguns municípios, como foi demonstrado com o Grupo 3 da análise sem diferenciação por tipo de agricultor. De modo geral, conforme o conceito da NGE, as variáveis de segunda natureza foram a base principal para o destaque das atividades ligadas à agropecuária e ao agronegócio no território, pois as políticas e programas públicos tornaram possível o sucesso das atividades agrícolas em alguns municípios e a capacidade destas atividades beneficiarem o avanço do agronegócio de forma heterogênea pelo território.

Para avaliar a relação entre os agentes socioeconômicos, infraestrutura e tecnologia com os padrões espaciais da produção do Matopiba, utilizando argumentos da teoria da NGE,

recomenda-se a inclusão de variáveis que representem a tecnologia, disponíveis no Censo Agropecuário, e de desenvolvimento rural que poderão estar disponíveis nos próximos Censos Demográficos, como variáveis sobre educação e saneamento básico. A inclusão de novas variáveis à análise poderá fornecer mais subsídios analíticos para entender melhor a relação entre a produção agropecuária e o desenvolvimento nesse território.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de metodologias de *clusterização* espaço-temporal, que já consideram a variável tempo e a contiguidade na solução do problema de *clusterização* (D'urso *et al.*, 2019), além do tratamento de dados ausentes para evitar as incertezas do método. A vantagem desse tipo de abordagem é que dispensa a aplicação de algum método para incluir informação da dependência espacial das variáveis, como o *Getis-Ord* ou mesmo o Índice de *Moran*. Assim, todo o processo se tornará unificado e será possível avaliar as transformações temporais de forma apropriada.

Referências

ACCARINI, J. H. **Economia Rural e desenvolvimento; Reflexões sobre o caso brasileiro**. Petrópolis: Vozes Petrópolis, 1987.

ALMEIDA, E. S. DE; HADDAD, E. A. MEECA : um Modelo Econométrico Espacial para Projeção Consistente de Culturas Agropecuárias. **RER**, v. 42, n. 03, p. 507–527, 2004.

BECKER, B. K. A amazônia e a política ambiental brasileira. **GEOgraphia**, v. 6, n. 11, 2004.

BOLFE, É. L. *et al.* Matopiba em crescimento agrícola Aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 4, p. 38–62, 2016.

CAMPOS, S. A. C.; BACHA, C. J. C. Evolução da agropecuária em São Paulo e Mato Grosso de 1995 a 2006. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 22, n. 46, p. 9–36, 2016.

CERQUEIRA, C. A. DE. **Políticas públicas de desenvolvimento territorial rural: uma análise da delimitação dos territórios rurais do Estado da Bahia, segundo a tipologia municipal**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

CUNHA, J. C. DA. **NOVA GEOGRAFIA ECONÔMICA : UM ENSAIO PARA O BRASIL**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

D'URSO, P. *et al.* Fuzzy clustering with spatial–temporal information. **Spatial Statistics**, v. 30, p. 71–102, 2019.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<http://mapas.cnpem.embrapa.br/matopiba2015/>>.

EMBRAPA. **Carne Bovina**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>>. Acesso em: 18 maio. 2021.

FAVARETO, A. *et al.* HÁ MAIS POBREZA E DESIGUALDADE DO QUE BEM ESTAR E RIQUEZA NOS MUNICÍPIOS DO MATOPIBA/ There is more poverty and inequality than well-being and wealth in the municipalities of Matopiba/ Hay más pobreza y desigualdad que bienestar y riqueza en

- los municipio. **Revista Nera**, n. 47, p. 348–381, 2019.
- FUJITA, M. Thunen and the New Economic Geography. **Regional Science and Urban Economics**, v. 42, n. 6, p. 907–912, 2012.
- GETIS, A.; ORD, J. **The analysis of spatial association by use of distance statistics Geographical Analysis**. [s.l.: s.n.].
- HAESBAERT, R. Concepções de território para entender a desterritorialização. In: **Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2011. p. 44–71.
- IBGE. **Estimativa populacional de 2006**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/200>>. Acesso em: 2 fev. 2021a.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2006/segunda-apuracao>>. Acesso em: 10 jan. 2020b.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/200>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- IBGE. **Estimativa populacional 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/200>>. Acesso em: 2 fev. 2021a.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2017>>. Acesso em: 10 jan. 2020b.
- KRUGMAN, P. What’s new about the new economic geography? **Oxford review of economic policy**, v. 14, n. 2, p. 7–17, 1998.
- MENDONÇA, M. **A urdidura espacial do capital e do trabalho no cerrado do sudoeste goiano**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista-Presidente Prudente, 2004.
- MIRANDA, E. DE. **Matopiba: Caracterização, Agendas e Agência**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/150317_MATOPIBA_WEBSITE.pdf>.
- MOREIRA, R. O espaço e o contra-espaço: as dimensões territoriais da sociedade civil e do estado, do privado e do público na ordem espacial burguesa. In: **Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2011. p. 72–108.
- PEETERS, A. *et al.* Getis-Ord’s hot- and cold-spot statistics as a basis for multivariate spatial clustering of orchard tree data. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 111, p. 140–150, 2015.
- PEREIRA, L. I.; PAULI, L. O processo de estrangeirização da terra e expansão do agronegócio na região do Matopiba. **Revista Campo-Território**, v. 11, n. 23, p. 196–224, 2016.
- PINHEIRO, M. A. **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARANÁ: UM ESTUDO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007.
- PIRES, M. O. Programas agrícolas na ocupação do cerrado. **Sociedade e cultura**, v. 3, n. 1–2, p. 111–131, 2000.
- ROGERSON, P. A. **Statistical methods for geography**. [s.l.] Sage Publications Limited, 2001.
- ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of computational and applied mathematics**, v. 20, p. 53–65, 1987.
- SANTOS, C. C. M. Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER: um espectro ronda os cerrados brasileiros. **Estudos Sociedade e**

Agricultura, v. 24, n. 2, p. 384–416, 2016.

SANTOS, L. F. **Padrões espaciais das transformações produtivas e da estrutura fundiária do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA)**. Ilhéus, BA: UESC, 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional e Políticas Públicas - PERPP. Disponível em: <http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/201910056D.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2022.

SANTOS, L. F.; CERQUEIRA, C. A.; FERRAZ, M. I. F. JESUS, C. M. Atividades produtivas e estrutura fundiária da região do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Matopiba) em 2006 e 2017. In: **59º Congresso da SOBER e 6º EBPC 2021**, 2021, Brasília-DF. Anais do 59º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) e 6º Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo (EBPC), 2021. v. 1. Acesso em: 07/11/2022.

SANTOS, M. **Da totalidade ao lugar**. 1º ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014.

SCRUCCA, L. Clustering multivariate spatial data based on local measures of spatial autocorrelation. **Quaderni del Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica**, v. 20, n. 1, p. 11, 2005.

SOUZA, C. C. A. **A nova geografia econômica: três ensaios para o Brasil**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SOUZA, G. V. A. **A ELABORAÇÃO DA VIABILIDADE TERRITORIAL PARA O AGRONEGÓCIO NA REGIÃO DO MATOPIBA**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

STEGE, A. L.; BACHA, C. J. C. Clusters espaciais de “agriculturalização” no meio rural de alguns estados brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 3, 2020.

TAVARES, J. M.; PORTO JUNIOR, S. DA S. **Desigualdades intra e inter-regionais em santa catarina: uma análise multivariada**. V ENABER–Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais. **Anais...2007**

XU, R.; WUNSCH, D. Survey of clustering algorithms. **IEEE Transactions on Neural Networks**, v. 16, p. 645–678, 2005.