

DINÂMICA DA DEFASAGEM ESPAÇO TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO FEIJÃO NOS MUNICÍPIOS CEARENSES ENTRE OS ANOS DE 2008 A 2016

Deusimar Lira Cavalcante Filho¹

Kilmer Coelho Campos²

Alexandre Lira Cavalcante³

Resumo: Este estudo tem como objetivo central identificar a dependência espaço temporal da produtividade agrícola do feijão nos municípios cearenses ao longo dos anos de 2008 a 2016, fazendo uso da técnica conhecida como análise exploratória de dados espaciais (AEDE) bivariada. Busca-se, assim, identificar a existência de efeitos espaciais defasados no tempo e a recorrência de determinados padrões espaciais nessa cultura ao longo dos anos com base nos dados da Pesquisa Agrícola Municipal disponibilizada pelo IBGE. Os principais resultados apontam para a presença de dependência espaço temporal na produtividade do feijão cearense em todos os anos, cujo padrão espaço temporal local predominante foi do tipo Baixo-Baixo, revelando uma característica persistente de baixa produtividade do feijão na grande maioria dos municípios cearenses concentrando-se principalmente nas regiões do Sertão dos Crateús, Litoral Norte, Sertão de Sobral, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Canindé e Litoral Oeste/Vale do Curu.

Palavras-chave: Produtividade agrícola do feijão. Autocorrelação global e local bivariada. Dependência espaço temporal. *Clusters*. Ceará.

Classificação J.E.L: R30; R50; Q10.

¹Mestre em Economia Rural pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará (MAER-UFC). E-mail: deusimarfilho@yahoo.com.br
<http://lattes.cnpq.br/3670493715879704> <https://orcid.org/0000-0002-4063-5444>

²Professor Associado II do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará e Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail: kilmer@ufc.br <http://lattes.cnpq.br/6206120391191140>
<http://orcid.org/0000-0001-7752-2542>

³Analista de Políticas Públicas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e Doutor em Economia pelo Centro de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará.
E-mail: alexandre.lira@ipece.ce.gov.br <http://lattes.cnpq.br/2829288406876899> <https://orcid.org/0000-0002-2212-7278>

DYNAMICS OF THE TEMPORAL SPACE OF AGRICULTURAL PRODUCTIVITY GAP OF THE BEAN IN THE MUNICIPALITIES OF CEARÁ FROM 2008 TO 2016

Abstract: The main objective of this study was to define a temporal space superior to productivity in the harvest years of Ceará from 2008 to 2016, using the technique known as exploratory spatial data analysis (ESDA). The aim is to identify the existence of a period of non-rhythmic lags and the existence of a pattern of spatial exercise in this culture over the years based on the data from the Municipal Agricultural Survey provided by IBGE. The main profiles point to the presence of a temporal space in Ceará beans productivity in all years, with a predominant local space for the Low-Low class, revealing a persistent characteristic of the low productivity of the bean in the majority of the municipalities of Ceará concentrating is mainly in the regions of the Sertão dos Crateús, Litoral Norte, Sertão de Sobral, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Canindé and Litoral Oeste/Vale do Curu.

Keywords: Bean agricultural productivity. Global and local bivariate autocorrelation. Dependency temporal space. Clusters. Ceará.

JEL Codes: R30; R50; Q10.

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) divulgada anualmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área plantada de feijão registrou queda no período de 2008 a 2016 em quase todas as regiões, exceto no Centro-Oeste que anotou crescimento de 107,3% e um incremento de 220,9 mil ha de área plantada dessa cultura na comparação dos dois anos.

No tocante a quantidade produzida, o Brasil registrou queda significativa na comparação dos anos de 2008 a 2016, acompanhado diretamente pela redução da área plantada no mesmo período. Importante revelar que a produção de feijão também caiu em todas as regiões, exceto, novamente, na região do Centro-Oeste.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo central descrever a distribuição espacial da produtividade agrícola do feijão cearense tentando-se identificar a existência ou não de padrões espaciais nesta variável para os municípios cearenses nos anos de 2008 a 2016, fazendo uso da técnica conhecida como análise exploratória de dados espaciais (AEDE) permitindo, assim, uma comparação e uma identificação de possíveis mudanças no padrão espacial ao longo dos anos.

Busca-se, essencialmente, detectar a recorrência e a persistência da existência de efeitos espaciais nos dados da produtividade agrícola do feijão cearense provocados tanto por dependência espacial ou pela heterogeneidade espacial derivada de diferentes características na estrutura espacial de produção dos municípios, sabendo que esses dois efeitos podem se afetar mutuamente.

Para isso, traçam-se alguns objetivos específicos a serem alcançados no término do trabalho. O primeiro é calcular os índices de autocorrelação espacial global bivariada no tempo tentando descobrir se os valores da produtividade agrícola do feijão num dado município guarda uma associação espacial global com os valores da mesma variável defasada no tempo nos municípios vizinhos, ou seja, identificar a existência de um padrão linear global entre duas variáveis iguais e defasadas no tempo.

Por fim, como segundo objetivo, calcular as autocorrelações espaciais locais bivariada no tempo buscando identificar se a produtividade agrícola num dado município, em determinado ano, guarda uma associação espacial local com os valores da mesma variável defasada no tempo nos municípios vizinhos, na tentativa de identificar posteriormente a existência de *clusters* espaciais bivariados defasados no tempo.

O presente estudo está dividido em cinco seções. Após essa introdução, a seção dois apresentará uma revisão de trabalhos que utilizaram a técnica de análise exploratória de dados espaciais. Na seção três têm-se os fundamentos metodológicos com a apresentação da técnica de análise exploratória de dados espaciais, seguida das descrições das variáveis utilizadas e suas fontes. Na quarta seção apresentam-se a análise e discussão dos resultados. Por fim, a última seção traz as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A produtividade de diferentes culturas agrícolas têm sido objeto de observação e estudo por parte de diferentes autores para diferentes estados no país. Busca-se através de diferentes metodologias aplicadas compreender os principais fatores determinantes desse importante indicador de eficiência. Contudo, realizar qualquer análise sem levar em consideração a detecção da presença de efeitos espaciais sobre a variável investigada pode alcançar resultados espúrios.

Felema *et al.* (2016) ao analisar os aspectos espaciais do comportamento das produtividades nas culturas do feijão, milho e soja nos anos de 2000 e 2010, utilizando a ferramenta de análise exploratória de dados espaciais (AEDE), demonstraram que existe interdependência espacial positiva e significativa entre as regiões do estado do Paraná e que seus padrões mudam ao longo do tempo.

Outro estudo que também analisou o padrão de associação espacial da produtividade agrícola do feijão foi feito por Paschoalino *et al.* (2017), considerando os municípios paranaenses para os anos de 2006, 2010 e 2014. Esses autores identificaram a existência de autocorrelação espacial positiva dessa cultura no referido estado. Na análise do *I* de Moran bivariado constataram uma autocorrelação espacial temporal positiva, mostrando, assim, que o tempo tem influenciado na estrutura dos dados.

Ao investigar a distribuição espacial da produtividade do café entre as 66 microrregiões mineiras durante o período 1997-2006, Teixeira e Bertella (2015) concluíram que a produtividade média dessa cultura não segue um processo aleatório, ocorrendo um reordenamento espacial entre as microrregiões, verificando ainda que a mesma está se distribuindo de forma mais igualitária em Minas Gerais.

Anjos Jr. *et al.* (2016) analisaram o rendimento médio da castanha de caju nos municípios paraibanos no ano de 2014. Utilizaram instrumentos da econometria espacial como o *I* de Moran Global e o LISA, para testar a hipótese de dados espacialmente dependentes. Todas as variáveis da pesquisa apresentaram o sinal esperado e, sendo assim, o rendimento médio da castanha de caju mostrou-se positivamente relacionado com a pluviosidade, a utilização de terras com água e o fator estrutural. Outra variável que apresentou o mesmo comportamento foi àquela relacionada ao preparo do solo. Por outro lado, supôs-se que a degradação do solo (terras erodidas, desertificadas e salinizadas) e o fato da terra ser inaproveitável (pântanos, areais, pedreiras) afetariam, negativamente, a produção de castanha dos municípios paraibanos, mas, nesse caso, não se encontrou significância estatística.

Perobelli *et al.* (2007) avaliaram espacialmente a produtividade do setor agrícola brasileiro entre 1991 e 2003, demonstrando que os efeitos espaciais influenciaram a

produtividade em nível microrregional em todo o País. Para realizar este estudo utilizaram a análise exploratória de dados espaciais (AEDE). O principal resultado revelou que a produtividade agrícola nacional está crescentemente autocorrelacionada no espaço ao longo do tempo.

Através de um estudo exploratório dos efeitos espaciais sobre a produtividade da soja no Rio Grande do Sul no período entre 1990 e 2005, utilizaram como instrumental metodológico a análise exploratória de dados espaciais (AEDE), Vidigal, Rocha e Parré (2009) detectaram também a presença de autocorrelação espacial positiva entre os municípios do Rio Grande do Sul, mostrando que as maiores produtividades dessa cultura se encontravam, entre os anos de 1990 e 2000, nos municípios da região Norte do estado, enquanto que, em 2005 os municípios com maior produtividade pertenciam à região Sul.

Diante do exposto é possível observar que a técnica de análise exploratória de dados espaciais tem sido cada vez mais utilizada para o estudo do comportamento da dependência espacial para diferentes variáveis e regiões, especialmente variáveis ligadas ao setor da agropecuária devido a disponibilidade de dados espaciais. Todavia, ainda é pequeno o número de estudos realizados utilizando a referida técnica no País, especialmente no estado do Ceará. Na próxima seção apresenta-se a metodologia aplicada neste trabalho que ajudará a responder os objetivos propostos neste estudo.

3 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Autocorrelação espacial global bivariada no tempo

A autocorrelação espacial global univariada busca detectar a existência ou não de dependência espacial na variável de interesse, identificando padrões de associação linear de forma global. Tal medida é capaz de afirmar se um conjunto de dados está ordenado segundo uma certa sequência espacial. Segundo Almeida (2012), o primeiro coeficiente de autocorrelação espacial global univariado foi proposto por Moran em 1948, denominado de *I* de Moran.

Segundo Anselin *et al.* (2003) a autocorrelação espacial global pode ser captada também num contexto bivariado, ou seja, deseja-se descobrir se os valores de uma variável observada numa dada região, guardam uma associação linear com os valores de outra variável observada nas regiões vizinhas. O que se busca é a existência de um padrão espacial global entre duas variáveis diferentes.

Conforme Almeida (2012) é também possível calcular a estatística *I* de Moran para duas variáveis diferentes padronizadas, digamos, z_1 e z_2 :

$$I^{z_1 z_2} = \frac{n}{s_0} \frac{z_1' W z_2}{z_1' z_1} \quad (1)$$

Este coeficiente tem dois componentes distintos. Como se trata da versão bivariada da estatística *I* de Moran, o numerador refere-se a uma medida de covariância do tipo produto cruzado, ao passo que o denominador diz respeito a um reescalonamento, usando a variância dos dados.

No presente documento, a análise bivariada levará em consideração a defasagem espacial no tempo da variável de interesse, no caso, a produtividade agrícola do feijão no estado do Ceará. Na defasagem espacial no tempo, busca-se identificar a existência de uma autocorrelação espacial global entre a produtividade do feijão de um dado município em um dado ano em relação à média dos municípios vizinhos da mesma variável no ano

anterior, mostrando a existência ou não de um padrão espacial global da produtividade no tempo que pode ser positiva ou negativa.

Um índice I de Moran global bivariado no tempo positivo significa que municípios que apresentam elevados valores da produtividade do feijão num determinado ano, tendem a estar rodeadas por municípios vizinhos que registraram também elevada produtividade do feijão no ano anterior, bem como municípios com baixa produtividade do feijão num dado ano tendem a estar rodeadas também por municípios vizinhos com baixa produtividade dessa cultura no ano anterior.

Por outro lado, um índice I de Moran global bivariado no tempo negativo significa que municípios com baixa produtividade do feijão num dado ano, estão circundadas por municípios vizinhos com elevadas produtividades no ano anterior, ao passo que regiões com alta produtividade do feijão em dado ano estão circundados por municípios vizinhos com baixa produtividade no ano anterior.

Em suma, a partir do cálculo da estatística do I de Moran global bivariado com relação ao tempo, têm-se as seguintes informações: (i) o nível de significância provê a informação sobre os dados estarem distribuídos aleatoriamente ou não; (ii) o sinal positivo da estatística I de Moran, desde que significativo, indica que os dados estão concentrados espacialmente através das regiões; (iii) o sinal negativo, por sua vez, indica a dispersão espacial dos dados; e (iv) a magnitude da estatística que fornece a força da autocorrelação espacial, ou seja, quanto mais próximo de um, mais forte é a concentração; quanto mais próxima de -1, mais dispersos estão espacialmente os dados.

Por sua vez, um diagrama de dispersão de Moran no contexto bivariado plota, no eixo das abscissas, os valores de uma variável de interesse padronizada, observados numa determinada região, e no eixo das ordenadas o valor de outra variável selecionada padronizada, observado nas regiões vizinhas.

O diagrama de dispersão de Moran bivariado no tempo é o gráfico da dispersão da nuvem de pontos representando valores de duas variáveis observadas nas regiões, com a indicação de declividade da reta de regressão. Para conseguir a declividade dessa reta, estima-se uma regressão linear simples por mínimos quadrados ordinários (MQO), especificada como:

$$Wz_2 = \alpha + \beta z_1 + \varepsilon \quad (2)$$

Em que: α é a constante da regressão, β é o coeficiente angular e ε é um termo de erro aleatório.

Do mesmo modo, o coeficiente I de Moran bivariado pode ser interpretado como o coeficiente angular da reta de regressão da defasagem espacial (Wz_2) contra a variável de interesse (z_1), estimado por mínimos quadrados ordinários (MQO).

Esse diagrama também apresenta novos quatro tipos de associação linear espacial no contexto bivariado, a saber, Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA)³. No primeiro quadrante, localiza-se o agrupamento dos valores Alto-Alto (AA), ou seja, este agrupamento exhibe regiões com valores altos da variável de interesse plotados no eixo das abscissas, circundados por regiões com altos valores da mesma variável de interesse defasada no tempo, plotados no eixo das ordenadas.

No segundo quadrante, aparece o agrupamento dos valores Baixo-Alto (BA), isto é, o agrupamento em que regiões com valores baixos de uma variável de interesse, plotada no

³ Almeida (2012, p. 109) alerta para a possível presença de *outliers* ou pontos de alavancagem que podem influenciar a inclinação da reta, afetando sobremaneira o valor da estatística do I de Moran também no caso bivariado.

eixo das abscissas, são circunvizinhas de regiões com valores altos da mesma variável de interesse defasada no tempo, plotados no eixo das ordenadas.

No terceiro quadrante, apresenta o agrupamento dos valores Baixo-Baixo (BB), ou seja, exibe regiões com valores baixos da variável de interesse plotados no eixo das abscissas, circundados por regiões com valores também baixos da mesma variável de interesse defasada no tempo, plotados no eixo das ordenadas.

Por último, o quarto quadrante exibe o agrupamento dos valores Alto-Baixo (AB), isto é, exibe regiões com valores altos da variável de interesse plotados no eixo das abscissas, circundados por regiões com valores baixos da mesma variável de interesse defasada no tempo, plotados no eixo das ordenadas.

3.2 Autocorrelação espacial local bivariada no tempo

Almeida (2012) afirma que também é possível obter uma medida de autocorrelação espacial local num contexto bivariado. Supondo que haja duas variáveis de interesse, y_i e x_i , e padronizando essas duas variáveis, obtêm-se, respectivamente, z_{1i} e z_{2i} . Tem-se, assim, a fórmula do I de Moran local bivariado no tempo:

$$I_i^{z_1z_2} = z_{1i}Wz_{2i} \quad (3)$$

Em que: Wz_{2i} é a defasagem espacial no tempo da produtividade agrícola do feijão padronizada z_{2i} . Do mesmo modo, apenas os vizinhos da observação i , definidos conforme uma matriz de pesos espaciais, são incluídos no cálculo do índice de autocorrelação.

Essa estatística dá uma indicação do grau de associação linear (positiva ou negativa) entre o valor da produtividade agrícola do feijão em um dado município i e a média da mesma variável de interesse nas localidades vizinhas observadas no ano anterior (ANSELIN *et al.*, 2003).

É possível ainda mapear os valores da probabilidade da medida, estatisticamente significativos, gerando os chamados mapas de significância bivariada de Moran local e os mapas de *clusters* bivariado locais.

No presente estudo, será construído mapas de significância e de *clusters* espaciais bivariados temporais buscando identificar se a produtividade agrícola do feijão em um dado município i num determinado ano guarda uma associação espacial local com a média da produtividade agrícola do feijão nos municípios vizinhos no ano anterior, na tentativa de identificar posteriormente a existência de *clusters* espaciais bivariados defasados no tempo que podem ser de quatro tipos Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA).

3.3 Variáveis utilizadas

A variável utilizada para análise no presente estudo é a produtividade da cultura do feijão no estado do Ceará que é construída a partir da divisão da quantidade produzida em toneladas pela área plantada em hectares multiplicada por mil. Essa variável é construída a partir dos dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já a unidade de observação são todos os 184 municípios cearenses para os anos de 2008 a 2016. Assim, a medida de produtividade revela quantos quilos de feijão são produzidos por hectare plantado em cada um desses municípios nos anos considerados. Vale destacar que a variável investigada é intensiva, pois divide a produção pelo indicador de intensidade no caso a área plantada, atendendo,

assim, aos preceitos da literatura especializada no assunto, sendo, portanto mais adequada a análise de efeitos espaciais, evitando, assim, potenciais resultados espúrios como previsto em Almeida (2012). Para análise da autocorrelação espacial global e local bivariada foi utilizado a mesma variável, sendo a mesma defasado no tempo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Autocorrelação espacial global bivariada no tempo

Na presente seção calculou-se a autocorrelação espacial global bivariada no tempo tentando descobrir se os valores da produtividade agrícola num dado município guardam uma associação espacial global com os valores da mesma variável defasada no tempo nos municípios vizinhos. Diante dos resultados apresentados na Tabela 1 é possível aceitar a hipótese da existência de um padrão linear global entre duas variáveis iguais e defasadas no espaço-tempo, dado que a estatística do I de Moran global bivariado no tempo foi significativa a menos de 1% no período de 2008 a 2015 e significativa a menos de 5% em 2016, inferência calculada com base em 999 permutações aleatórias, revelando a presença de uma dependência global espaço temporal em todos os anos da série.

Tabela 1 - Coeficientes do I de Moran global bivariado no tempo para a produtividade agrícola do feijão (FPR) – Ceará – 2008 a 2016

Variável/Ano	Permutações	Pseudo-p valor	I	$E(I)=-1/(n-1)$	mean	Desvio-Padrão	z-value
FPR2008-FPR2007	999	0,001	0,2137	-0,0055	- 0,0006	0,0363	5,8948
FPR2009-FPR2008	999	0,001	0,2125	-0,0055	- 0,0043	0,0360	6,0149
FPR2010-FPR2009	999	0,001	0,2332	-0,0055	- 0,0034	0,0361	6,5557
FPR2011-FPR2010	999	0,001	0,1979	-0,0055	- 0,0020	0,0341	5,8705
FPR2012-FPR2011	999	0,006	0,0995	-0,0055	0,0003	0,0356	2,7864
FPR2013-FPR2012	999	0,001	0,2622	-0,0055	- 0,0015	0,0355	7,4211
FPR2014-FPR2013	999	0,001	0,1505	-0,0055	- 0,0035	0,0342	4,4989
FPR2015-FPR2014	999	0,001	0,2494	-0,0055	- 0,0043	0,0364	6,9723
FPR2016-FPR2015	999	0,014	0,0792	-0,0055	- 0,0020	0,0352	2,3028

Nota: A pseudosignificância empírica baseada em 999 permutações aleatórias. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1. Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o sinal da estatística sendo positivo para todos os anos, é possível afirmar que municípios com elevada produtividade agrícola na cultura do feijão estavam rodeados por municípios com também elevada produtividade dessa cultura no ano anterior e que municípios com baixa produtividade num dado ano estavam circundados por municípios de baixa produtividade no ano anterior, valendo essa afirmativa para todos os anos em análise, revelando, assim, a persistência de um padrão de elevada produtividade em determinadas regiões do estado visto que a produtividade média agrícola do feijão depende

de diversos fatores, como por exemplo, diferenças na tecnologia de produção, forma de cultivo, solo e clima.

A matriz de pesos espaciais binários utilizada no presente estudo, levou em consideração a ideia de vizinhança baseada na contiguidade, em que duas regiões são vizinhas, caso elas compartilhem uma fronteira física comum, sendo utilizada com o objetivo de capturar os efeitos dessas contiguidades e vizinhança sobre os dados, ou seja, capturar a dependência espacial das variáveis. A ideia por trás disso, é que duas regiões contíguas possuem uma maior influência mútua espacial. Com base neste conceito de contiguidade atribui-se um valor unitário na matriz a duas regiões vizinhas e zero caso contrário.⁴

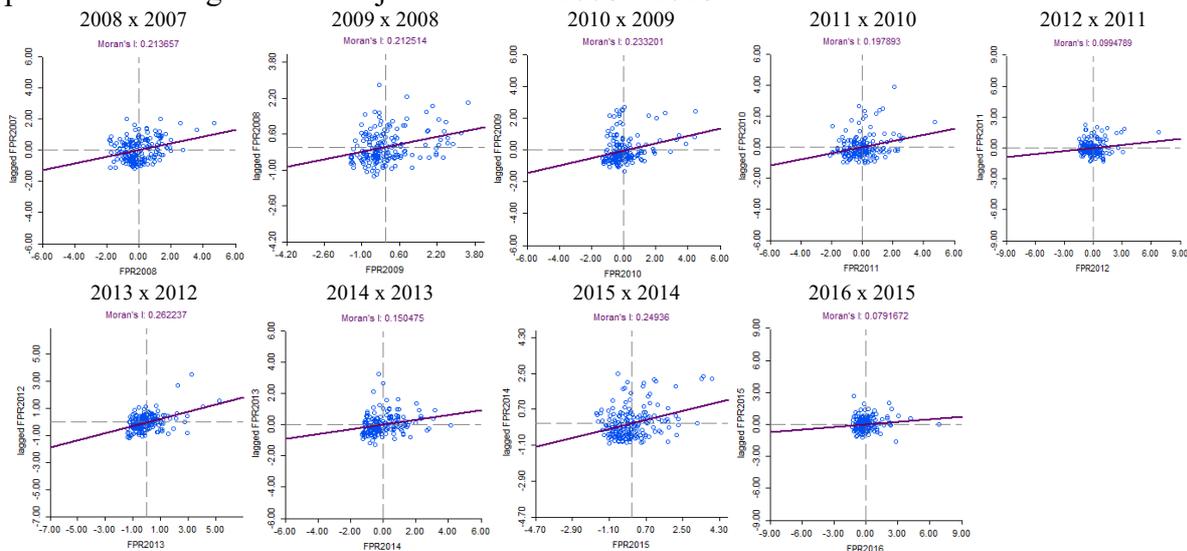
Para aceção da matriz de pesos espaciais no presente estudo, utilizou-se a matriz rainha (*Queen*) de ordem um, pois foi a matriz que apresentou os maiores *I* de Moran significantes estatisticamente. Segundo Almeida (2012), a matriz *Queen* considera como vizinhança, além das fronteiras com extensão territorial, também os vértices como adjacentes, na visualização de um mapa. A ordem um leva em conta os vizinhos mais próximos ou de primeira ordem.

Pela análise da magnitude do índice disponível na Figura 1 é possível notar que a força da interação espaço-tempo manteve-se relativamente estável entre os anos de 2008 a 2011, que são anos com chuvas acima da média histórica, exceto o ano 2010.

Todavia, a partir de 2012, a força dessa interação oscila bastante alcançando o menor valor em 2016, revelando nesse ano a menor dependência espaço temporal frente ao ano anterior, ou seja, está diminuindo a quantidade de municípios com a característica de alta produtividade em torno de municípios com também alta produtividade no ano anterior pertencentes ao quadrante Alto-Alto (AA) e também municípios com baixa produtividade em torno dos municípios com também baixa produtividade no ano anterior pertencentes ao quadrante Baixo-Baixo (BB) e aumentando o número de municípios nos quadrantes do tipo Alto-Baixo (AB), ou seja, municípios com alta produtividade em torno dos municípios com baixa produtividade e Baixo-Alto (BA) quadrante que contém municípios com baixa produtividade em torno dos municípios com alta produtividade, ambos comparados ao ano anterior.

⁴ A matriz de ponderação espacial é condição necessária para o cálculo dos coeficientes de autocorrelação espacial.

Figura 1 - Diagramas de dispersão do I de Moran global bivariado no tempo para a produtividade agrícola do feijão – Ceará – 2008 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

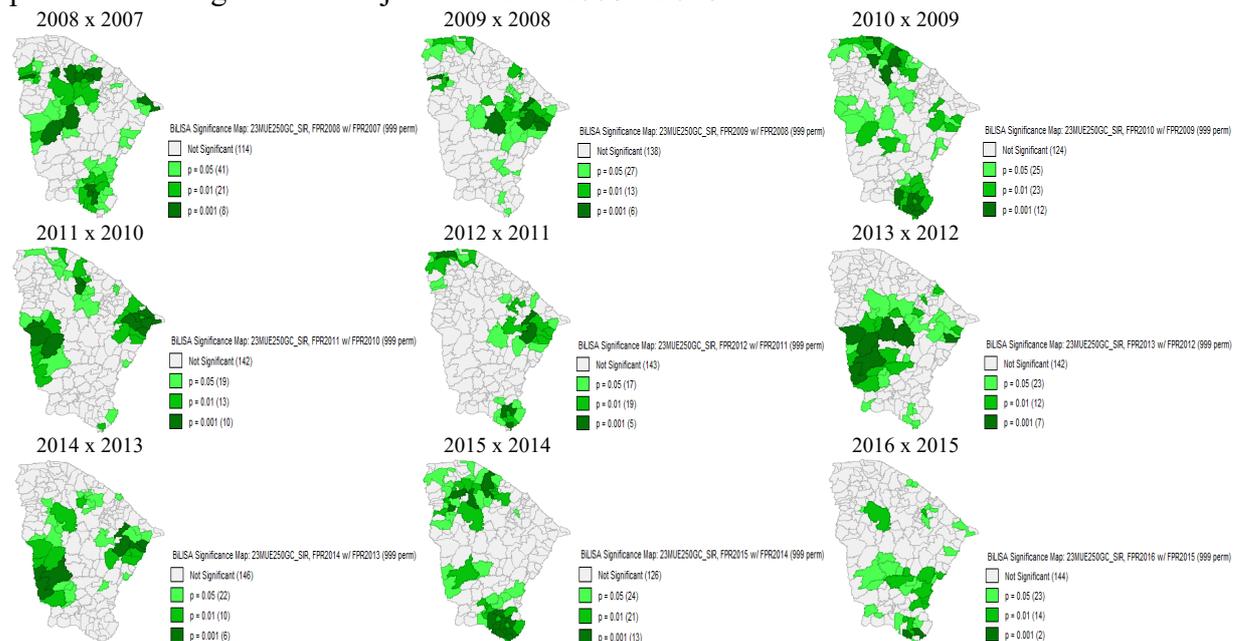
4.2 Autocorrelação espacial local bivariada no tempo

Assim, como se pôde obter um coeficiente de autocorrelação espacial global num contexto bivariado no tempo, também é possível conseguir uma medida de autocorrelação espacial local bivariada no tempo. A presente seção calculou os coeficientes de autocorrelação espacial local bivariado da produtividade agrícola do feijão no tempo. Semelhantemente ao cálculo do I de Moran global, somente os vizinhos da observação do município i , definidos conforme a matriz de pesos espaciais, são incluídos nesse cálculo. Com isso, é possível mapear os valores das probabilidade da medida, estatisticamente significativos, gerando os mapas de significância do I de Moran local bivariado no tempo disponível na Figura 2.

Ainda pela análise da Figura 2 é possível afirmar que um total de 70 municípios guardaram uma associação espacial local bivariada no tempo no ano de 2008 frente aos municípios vizinhos no ano de 2007, revelando assim, uma dependência espaço temporal. Esse número caiu para 46 municípios em 2009, revelando um menor número de municípios apresentando dependência espacial local com a produtividade observada nos municípios vizinhos do ano anterior.

Em 2010, o número de municípios que apresentaram dependência espacial com os municípios vizinhos presentes em 2009, voltou a crescer para 60. Em 2011, o número de municípios revelando dependência espacial frente a 2010 caiu para 42. Em 2012, esse número caiu levemente para 41 municípios, 2013 voltou a crescer para 42 municípios, 2014 reduziu para 38 municípios, todos em relação ao ano anterior. Em 2015 frente a 2014, o número de municípios apresentando dependência espaço temporal cresceu para 58 e por fim, de 2016 frente a 2015, apenas 39 municípios revelaram dependência espaço temporal local.

Figura 2 - Mapas de significâncias LISA do *I* de Moran local bivariado no tempo para a produtividade agrícola do feijão – Ceará – 2008 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

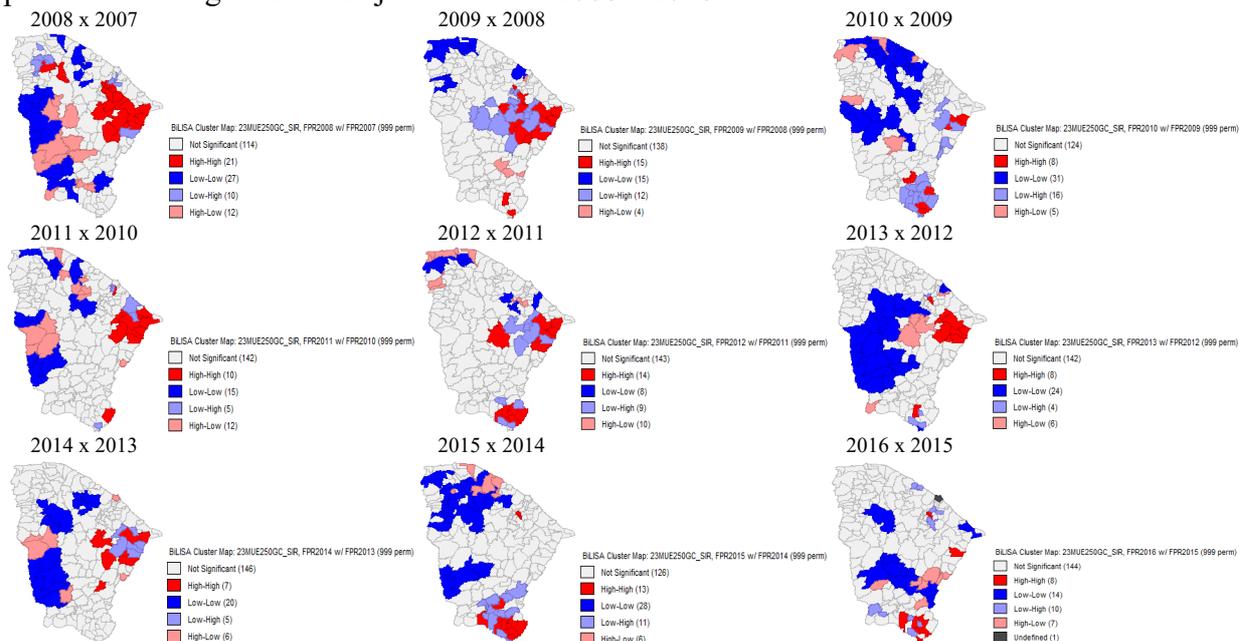
Na Figura 3 é possível identificar a presença de quatro tipos de *clusters* espaciais defasados no tempo da produtividade agrícola do feijão para os anos de 2008 a 2016: Alto-Alto (AA); Baixo-Baixo (BB); Baixo-Alto (BA) e Alto-Baixo (AB).

A seguir segue a descrição dos tipos e a localização da associação linear espacial bivariada no tempo por regiões de planejamento e municípios cearenses para cada ano analisado.

Um total de 70 municípios apresentaram significância estatística na comparação da produtividade de 2008 em relação à média da produtividade dos vizinhos em 2007. O principal padrão espacial encontrado foi do tipo Baixo-Baixo (BB) com 27 municípios, seguido por Alto-Alto (AA) com 21 municípios; Alto-Baixo (AB) com 12 municípios e Baixo-Alto (BA) com 10 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB composto por vinte e sete municípios localizados em nove regiões de planejamento do estado do Ceará: Sertão dos Crateús com nove municípios (Ararendá, Crateús, Hidrolândia, Independência, Ipaporanga, Ipueriras, Nova Russas, Novo Oriente e Poranga); Cariri com cinco municípios (Assaré, Aurora, Campos Sales, Lavras da Mangabeira e Santana do Cariri); Litoral Oeste/Vale do Curu com quatro municípios (Itapipoca, Tejuçuoca, Umirim e Uruburetama); Centro Sul com três municípios (Catarina, Ipaumirim e Saboeiro); Sertão dos Inhamuns com dois municípios (Aiuaba e Quiterianópolis); Grande Fortaleza (São Luis do Curu); Litoral Norte (Acarau); Serra da Ibiapaba (Ipu) e Sertão de Canindé (Paramoti) com um município em cada região.

Figura 3 - Mapas de *clusters* LISA do *I* de Moran local bivariado no tempo para a produtividade agrícola do feijão – Ceará – 2008 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

Já os *clusters* do tipo AA formado por vinte e um municípios presentes em seis regiões de planejamento: Maciço de Baturité (Acarape, Aracoiaba, Barreira, Baturité, Ocara, Pacoti, Palmácia e Redenção) e Vale do Jaguaribe (Jaguaritama, Jaguaribara, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte) com oito municípios em cada; Sertão de Sobral com dois municípios (Alcântaras e Sobral); Cariri (Jati); Litoral Leste (Jaguaruana) e Sertão Central (Quixadá) com um município em cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AB constituído por doze municípios situados em seis regiões: Cariri com quatro municípios (Caririaçu, Farias Brito, Granjeiro e Salitre); Sertão dos Inhamuns com três municípios (Arneiroz, Parambu e Tauá); Sertão dos Crateús com dois municípios (Catunda e Tamboril); Centro Sul (Acopiara); Sertão Central (Mombaça) e Sertão de Canindé (Boa Viagem) com um município em cada região.

Por fim, os *clusters* espaciais do tipo BA composto por dez municípios presentes em quatro regiões cearenses: Sertão de Sobral com cinco municípios (Coreaú, Massapê, Meruoca, Moraújo e Mucambo); Grande Fortaleza com três municípios (Guaiúba, Itaitinga e Pacajus); Litoral Norte (Martinópolis) e Vale do Jaguaribe (Alto Santo) com um município em cada.

Na comparação de 2009 com 2008, o número de municípios fazendo parte de algum dos *clusters* espaciais caiu para 46, como pode ser visto na Figura 3. Dois padrões espaciais se destacaram Alto-Alto (AA) e Baixo-Baixo (BB) com 15 municípios em cada, seguido por Baixo-Alto (BA) com 12 municípios e Alto-Baixo (AB) com 4 municípios.

Os *clusters* do tipo AA composto por quinze municípios presentes em cinco regiões de planejamento cearense: Vale do Jaguaribe com sete municípios (Alto Santo, Jaguaritama, Jaguaribara, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas e São João do Jaguaribe); Sertão Central com três municípios (Banabuiú, Choró e Ibaretama); Maciço de Baturité (Aracoiaba e Pacoti) e Cariri (Jati e Missão Velha) com dois municípios em cada região e Litoral Leste com um município (Jaguaruana).

Os *clusters* espaciais do tipo BB constituído por quinze municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Litoral Norte com sete municípios (Acará, Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Granja, Jijoca de Jericoacoara e Marco); Sertão de Sobral com quatro municípios (Graça, Mucambo, Pacujá e Reriutaba); Grande Fortaleza (Caucaia e Maracanaú) e Serra da Ibiapaba (Guaraciaba do Norte e Ibiapina) com dois municípios em cada região.

Os *clusters* do tipo BA formado por doze municípios situados em cinco regiões: Sertão Central com quatro municípios (Ibicuitinga, Quixadá, Quixeramobim e Solonópole); Maciço de Baturité com três municípios (Baturité, Itapiúna e Mulungu); Sertão de Canindé (Boa Viagem e Itatira) e Vale do Jaguaribe (Morada Nova e Tabuleiro do Norte) com dois municípios em cada região e Sertão dos Crateús com um município (Monsenhor Tabosa).

Por fim, os *clusters* do tipo AB constituído por quatro municípios presentes em duas regiões de planejamento: Centro Sul com três municípios (Cedro, Iguatu e Umari) e Grande Fortaleza (Pacatuba).

Novamente pela análise da Figura 3, é possível notar que o número de municípios formando *clusters* espaciais aumentou para 60, na comparação da produtividade de 2010 em relação a 2009. O principal padrão espacial encontrado na comparação foi do tipo Baixo-Baixo (BB) com 31 municípios, intensificando ainda mais o padrão temporal de baixa produtividade, seguido dessa vez por Baixo-Alto (BA) com 16 municípios muito explicado pela redução das chuvas; Alto-Alto (AA) com 8 municípios e Alto-Baixo (AB) com apenas 5 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB composto por trinta e um municípios presentes em oito regiões do Ceará: Litoral Oeste/Vale do Curu com oito municípios (Amontada, Irauçuba, Itapipoca, Miráima, Pentecoste, Tururu, Umirim e Uruburetama); Litoral Norte com sete municípios (Bela Cruz, Camocim, Cruz, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Marco e Morrinhos); Sertão dos Crateús com cinco municípios (Crateús, Independência, Ipaporanga, Poranga e Tamboril); Grande Fortaleza (São Gonçalo do Amarante, São Luis do Curu e Trairi) e Sertão Central (Choró, Deputado Irapuan Pinheiro e Senador Pompeu) com três municípios em cada região; Sertão de Canindé (Boa Viagem e Canindé) e Sertão de Sobral (Santana do Acaraú e Senador Sá) com dois municípios em cada e Maciço de Baturité (Aratuba).

Os *clusters* do tipo BA formado por dezesseis municípios localizados em duas regiões de planejamento do Ceará: Cariri com doze municípios (Abaiara, Aurora, Barbalha, Caririáçu, Crato, Jardim, Juazeiro do Norte, Lavras da Mangabeira, Mauriti, Milagres, Missão Velha e Penaforte) e Vale do Jaguaribe com quatro municípios (Iracema, Morada Nova, Pereiro e Tabuleiro do Norte).

Os *clusters* espaciais do tipo AA constituído por oito municípios situados nas regiões do Cariri com cinco municípios (Barro, Brejo Santo, Jati, Porteiras e Várzea Alegre) e Vale do Jaguaribe com três municípios (Limoeiro do Norte, Quixeré e São João do Jaguaribe).

Por fim, os *clusters* espaciais do tipo AB formado por cinco municípios presentes em quatro regiões cearense: Litoral Norte com dois municípios (Acará e Granja); Grande Fortaleza (Paraipaba); Sertão Central (Mombaça) e Sertão dos Crateús (Ipueiras) com um município em cada região.

Na comparação da produtividade da cultura do feijão de 2011 em relação a 2010, o número de municípios formando *clusters* espaciais registrou nova queda para 42, conforme observado na Figura 3. O principal padrão espacial encontrado foi ainda do tipo Baixo-Baixo (BB) com 15 municípios, com metade dos municípios observados nesse padrão em

2010 frente a 2009, em parte explicado pela melhoria no quadro de chuvas, seguido por Alto-Baixo (AB) com 12 municípios; Alto-Alto (AA) com 10 municípios e por fim, Baixo-Alto (BA) com apenas 5 municípios, resultado também de uma nítida melhora na pluviometria no último ano.

Os *clusters* espaciais do tipo BB composto por quinze municípios presentes em seis regiões de planejamento do estado do Ceará: Sertão dos Crateús com quatro municípios (Ararendá, Iraporanga, Nova Russas e Poranga); Litoral Norte (Camocim, Marco e Morrinhos); Litoral Oeste/Vale do Curu (Itapajé, Itapipoca e Uruburetama) e Sertão dos Inhamuns (Parambu, Quiterianópolis e Tauá) com três municípios em cada região; Sertão de Sobral (Santana do Acaraú) e Sertão de Canindé (Canindé) com apenas um município.

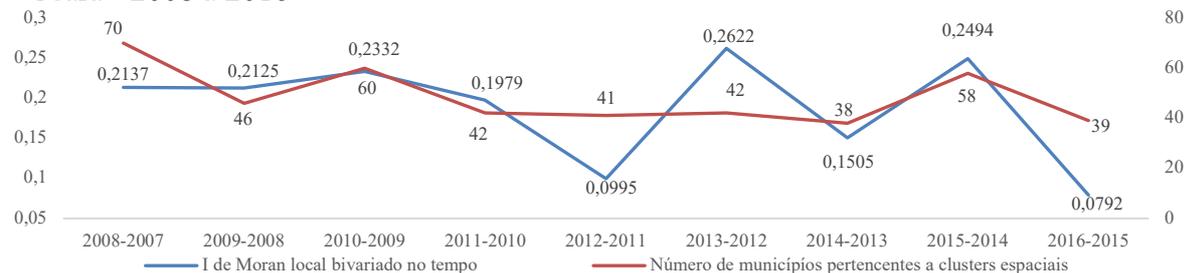
Os *clusters* do tipo AB formado por doze municípios situados em cinco regiões de planejamento: Litoral Oeste/Vale do Curu com cinco municípios (Apuiarés, General Sampaio, Miraíma, Tejuçuoca e Umirim); Sertão dos Crateús com quatro municípios (Crateús, Independência, Novo Oriente e Tamboril); Litoral Norte (Acaraú); Sertão de Canindé (Paramoti) e Vale do Jaguaribe (Ererê) com um município em cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AA constituído por dez municípios localizados em quatro regiões: Vale do Jaguaribe com cinco municípios (Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixeré, Russas e Tabuleiro do Norte); Litoral Leste com três municípios (Aracati, Itaiçaba e Jaguaruana); Cariri (Mauriti) e Grande Fortaleza (Itaitinga) com um em cada região.

Por fim, os *clusters* do tipo BA formado por cinco municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Grande Fortaleza com dois municípios (Maracanaú e Pacatuba); Cariri (Jati); Litoral Norte (Beberibe) e Vale do Jaguaribe (Palhano) com um município em cada.

Em suma, o índice de autocorrelação linear espacial bivariado local temporal manteve um padrão relativamente estável nos quatro primeiros anos, até 2011, revelando que a produtividade observada num município depende espacialmente da produtividade observada nos seus vizinhos nos anos anteriores. Todavia, esta oscilou com tendência de queda nos últimos cinco anos analisados revelando uma redução da dependência local espaço temporal como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Relação entre a estatística do *I* de Moran local bivariado no tempo da produtividade agrícola do feijão e o número de municípios presentes em *clusters* espaciais - Ceará - 2008 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

Ainda de acordo com a Figura 3 acima, o número de municípios formando *clusters* espaciais passou para 41, na comparação da produtividade de 2012 em relação a 2011. O principal padrão espacial encontrado foi do tipo Alto-Alto (AA) com 14 municípios, seguido por Alto-Baixo (AB) com 10 municípios; Baixo-Alto (BA) com 9 municípios e

Baixo-Baixo (BB) com 8 municípios. Ou seja, apesar da piora no volume de chuvas, o padrão AA revelou-se bastante consistente ao longo do tempo.

Os *clusters* do tipo AA composto por catorze municípios localizados em quatro regiões de planejamento do estado do Ceará: Cariri com sete municípios (Abaiara, Barbalha, Brejo Santo, Mauriti, Milagres, Missão Velha e Porteiras); Vale do Jaguaribe com cinco municípios (Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas e São João do Jaguaribe); Litoral Leste (Jaguaruana) e Sertão Central (Quixeramobim) com um município em cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AB constituído por dez municípios situados em três regiões do Ceará: Litoral Norte com cinco municípios (Acará, Barroquinha, Camocim, Chaval e Jijoca de Jericoacoara); Maciço de Baturité com três municípios (Barreira, Guaramiranga e Redenção); Serra da Ibiapaba com dois municípios (Tianguá e Ubajara).

Os *clusters* do tipo BA formado por nove municípios presentes em três regiões cearense: Cariri com quatro municípios (Barro, Caririaçu, Jardim e Jati); Vale do Jaguaribe com três municípios (Jaguaretama, Morada Nova e Tabuleiro do Norte) e Sertão Central com dois municípios (Ibicuitinga e Quixadá).

Por fim, os *clusters* do tipo BB composto por oito municípios localizados em quatro regiões: Litoral Norte (Bela Cruz, Granja e Marco) e Maciço de Baturité (Aratuba, Baturité e Capistrano) com três municípios em cada; Grande Fortaleza (Cascavel) e Sertão de Canindé (Caridade) com um município em cada região.

Na sequência, o número de municípios formando *clusters* espaciais volta a ser de 42, na comparação da produtividade de 2013 em relação a 2012, como visto na Figura 3 acima. O principal padrão espacial encontrado foi do tipo Baixo-Baixo (BB) com 24 municípios, seguido de longe por Alto-Alto (AA) com 8 municípios; Alto-Baixo (AB) com 6 municípios e Baixo-Alto (BA) com apenas 4 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB composto por vinte e quatro municípios localizados em oito regiões de planejamento cearense: Sertão dos Crateús com sete municípios (Catunda, Crateús, Independência, Monsenhor Tabosa, Novo Oriente, Santa Quitéria e Tamboril); Sertão dos Inhamuns com cinco municípios (Aiuaba, Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá); Centro Sul (Acopiara, Catarina e Saboeiro) e Sertão de Canindé (Boa Viagem, Canindé e Itatira) com três municípios em cada região; Sertão Central (Deputado Irapuan Pinheiro e Mombaça) e Grande Fortaleza (Aquiraz e Eusébio) com dois municípios; Cariri (Penaforte) e Maciço de Baturité (Itapiúna) com apenas um município em cada.

Os *clusters* do tipo AA formado por oito municípios situados em três regiões do Ceará: Vale do Jaguaribe com seis municípios (Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte); Cariri (Missão Velha) e Maciço de Baturité (Redenção) com um município em cada região.

Os *clusters* do tipo AB constituído por seis municípios presentes em três regiões de planejamento: Sertão Central com três municípios (Choró, Quixadá e Quixeramobim); Grande Fortaleza com dois municípios (Horizonte e Pindoretama) e Cariri com um município (Salitre). Por fim, os *clusters* espaciais do tipo BA formado por quatro municípios localizados em duas regiões: Cariri com três municípios (Abaiara, Jardim e Jati) e Maciço de Baturité com um município (Palmácia).

Por sua vez, o número de municípios formando *clusters* espaciais voltou a cair para 38, na comparação da produtividade de 2014 em relação a 2013, como observado na Figura 3. O principal padrão espacial encontrado foi do tipo Baixo-Baixo (BB) com 20 municípios, seguido de longe por Alto-Alto (AA) com 7 municípios; Alto-Baixo (AB) com 6 municípios e Baixo-Alto (BA) com apenas 5 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB formado por vinte municípios presentes em sete regiões de planejamento do estado do Ceará: Sertão dos Crateús (Catunda, Hidrolândia, Independência, Novo Oriente e Santa Quitéria); Litoral Oeste/Vale do Curu (Apuiarés, Itapajé, Pentecoste, Tejuçuoca e Umirim) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba, Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá) com cinco municípios em cada região; Sertão de Sobral com dois municípios (Cariré e Varjota); Cariri (Antonina do Norte); Centro Sul (Catarina) e Sertão de Canindé (Paramoti) com um município em cada.

Os *clusters* do tipo AA constituído por sete municípios situados em quatro regiões: Vale do Jaguaribe com quatro municípios (Alto Santo, Jaguaratama, Russas e São João do Jaguaribe); Centro Sul (Orós); Litoral Leste (Jaguaruana) e Sertão Central (Quixadá) com um município em cada região.

Os *clusters* do tipo AB composto por seis municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Sertão dos Crateús com três municípios (Crateús, Ipaporanga e Tamboril); Centro Sul (Saboeiro); Grande Fortaleza (Fortaleza) e Vale do Jaguaribe (Ererê) com um município em cada região. Por fim, os *clusters* espaciais do tipo BA formado por cinco municípios localizados na região do Vale do Jaguaribe (Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Quixeré e Tabuleiro do Norte).

Por sua vez, o número de municípios formando *clusters* espaciais aumentaram consideravelmente para 58, na comparação da produtividade de 2015 em relação a 2014. O principal padrão espacial encontrado foi pelo terceiro ano consecutivo do tipo Baixo-Baixo (BB) com 28 municípios, seguido de longe por Alto-Alto (AA) com 13 municípios; Baixo-Alto (BA) com 11 municípios e por fim, Alto-Baixo (AB) com 6 municípios.

Os *clusters* do tipo BB composto por vinte e oito municípios localizados em seis regiões de planejamento: Sertão de Sobral com onze municípios (Cariré, Coreaú, Graça, Massapê, Moraújo, Mucambo, Pacujá, Pires Ferreira, Reriutaba, Santana do Acaraú e Sobral); Litoral Oeste/Vale do Curu com sete municípios (Amontada, Irauçuba, Itapajé, Pentecoste, Tejuçuoca, Tururu e Uruburetama); Sertão dos Inhamuns com três municípios (Parambu, Quiterianópolis e Tauá); Litoral Norte (Granja e Morrinhos); Serra da Ibiapaba (Guaraciaba do Norte e Ipu) e Sertão dos Crateús (Ipueiras e Santa Quitéria) com dois municípios em cada região e Sertão Central com um município (Mombaça).

Os *clusters* do tipo AA formado por treze municípios situados em duas regiões: Cariri com doze municípios (Abaiara, Altaneira, Barbalha, Brejo Santo, Jati, Juazeiro do Norte, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Porteiras, Santana do Cariri e Várzea Alegre) e Maciço de Baturité com apenas um município (Redenção).

Os *clusters* espaciais do tipo BA formado por onze municípios presentes em duas regiões de planejamento: Cariri com oito municípios (Aurora, Caririaçu, Crato, Farias Brito, Jardim, Nova Olinda, Penaforte e Tarrafas) e Centro Sul com três municípios (Cariús, Cedro e Icó).

Por fim, os *clusters* do tipo AB constituído por seis municípios localizados nas regiões: Litoral Oeste/Vale do Curu com três municípios (Itapipoca, Miraíma e Umirim); Grande Fortaleza (Trairi); Litoral Norte (Acaraú) e Sertão de Sobral (Alcântaras) com um município em cada região.

Finalizando, o número de municípios formando *clusters* espaciais novamente registrou queda para 39, na comparação da produtividade de feijão de 2016 em relação a 2015. O principal padrão espacial encontrado foi ainda do tipo Baixo-Baixo (BB) com 14 municípios, seguido por Baixo-Alto (BA) com 10 municípios; Alto-Alto (AA) com 8 municípios e por fim, Alto-Baixo (AB) com 7 municípios, apresentando uma melhor distribuição entre os quatro tipos de clusters espaciais.

Os *clusters* espaciais do tipo BB constituído por catorze municípios localizados em cinco regiões de planejamento: Centro Sul com sete municípios (Acopiara, Baixio, Cedro, Icó, Iguatu, Ipaumirim e Umari); Sertão Central com quatro municípios (Deputado Irapuan Pinheiro, Mombaça, Pedra Branca e Piquet Carneiro); Sertão dos Crateús com dois municípios (Santa Quitéria e Tauá); Litoral Leste (Aracati) e Sertão de Sobral (Varjota) com um município em cada região.

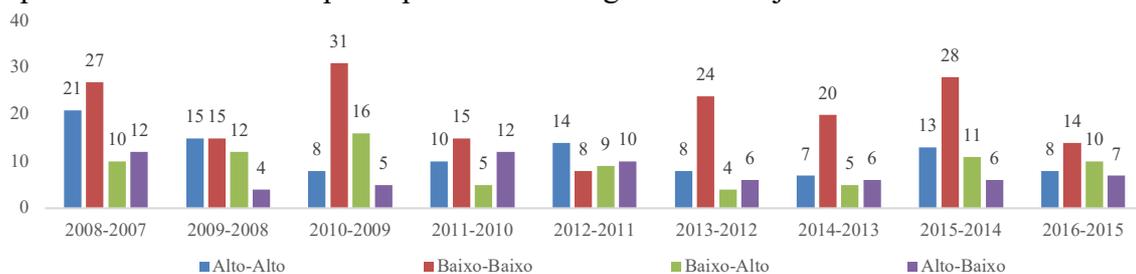
Os *clusters* do tipo BA formado por dez municípios presentes em três regiões: Cariri com cinco municípios (Abaiara, Campos Sales, Jardim, Juazeiro do Norte e Potengi); Grande Fortaleza com quatro municípios (Guaiúba, Pacajus, Paracuru e Paraipaba) e Maciço de Baturité com apenas um município (Aracoiaba).

Os *clusters* do tipo AA composto por oito municípios localizados em três regiões de planejamento: Cariri com seis municípios (Brejo Santo, Crato, Milagres, Missão Velha, Penaforte e Porteiras); Maciço de Baturité (Redenção) e Vale do Jaguaribe (Tabuleiro do Norte) com um em cada região. Por fim, os *clusters* espaciais do tipo AB formado por sete municípios localizados em quatro regiões: Vale do Jaguaribe com três municípios (Ererê, Jaguaribe e Pereiro); Centro Sul com dois municípios (Orós e Quixelô); Cariri (Lavras da Mangabeira) e Sertão dos Inhamuns (Arneiroz) com um município em cada.

O Gráfico 2, apresenta uma síntese da evolução da distribuição de municípios pertencentes a cada um dos tipos de *clusters* espaciais bivariado no tempo da produtividade agrícola do feijão cearense para os anos de 2008 a 2016, comparado aos anos anteriores.

Os *clusters* espaciais mais comuns foram do tipo Baixo-Baixo (BB) que envolveram a maior quantidade de municípios com a exceção dos anos de 2012 frente a 2011, indicando que os municípios que apresentavam baixa produtividade num dado ano estavam em torno de municípios com também baixa produtividade de feijão no ano anterior, revelando a persistência de um padrão de baixa produtividade da cultura do feijão ao longo do tempo no estado do Ceará. Esse padrão espacial foi predominante nas regiões do Sertão dos Crateús, Centro Sul, Cariri e Litoral Oeste/Vale do Curu em 2008, passando para as regiões do Centro Sul e Sertão Central em 2016.

Gráfico 2 - Evolução do número de municípios pertencentes a algum tipo de *cluster* espacial bivariado no tempo da produtividade agrícola do feijão - Ceará - 2008 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

O segundo *cluster* mais comum foi do tipo Alto-Alto (AA), registrando a segunda maior quantidade de municípios nos anos de 2008, 2009, 2012, 2013, 2014 e 2015, revelando que os municípios que apresentaram alta produtividade num dado ano estavam em torno de municípios com também alta produtividade no ano anterior. Isso dá nítidos sinais de persistência do padrão espacial ao longo do tempo, com algumas mudanças pontuais, revelando a recorrência de regiões com maior eficiência produtiva da lavoura do feijão dentro do território cearense. Todavia, vale ressaltar que ocorreu mudanças nas

regiões com alta produtividade dentro do estado com o passar dos anos, saindo predominantemente do Maciço de Baturité e Vale do Jaguaribe para a região do Cariri.

Por fim, os anos que guardaram as mais fortes associações espaciais locais no tempo foram os anos de 2015 frente a 2014, 2013 comparado a 2012 e 2010 frente a 2009, revelando a manutenção de um padrão mais consistente da produtividade do feijão observada no ano anterior. Por outro lado, as menores forças de associação local foram observadas nos anos de 2016 frente a 2015, 2014 frente a 2013 e 2012 frente a 2011, mostrando nesses anos uma associação mais dispersa no tempo.

A Tabela 2 a seguir apresenta a evolução da distribuição das quantidades de municípios por regiões de planejamento pertencentes a cada um dos quatro tipos de *clusters* espaciais bivariados no tempo da produtividade agrícola do feijão entre os anos de 2008 e 2016. A partir dessa Tabela é possível observar a dinâmica territorial de cada um dos tipos de *clusters* espaciais bivariados no tempo identificados.

Em 2008, as regiões que guardaram o padrão espacial do tipo AA observado no ano anterior foram principalmente o Vale do Jaguaribe e o Maciço de Baturité com oito municípios em cada, revelando a manutenção de um padrão espacial de elevada produtividade de feijão no tempo, seguido com menor expressividade pelas regiões do Sertão de Sobral (2 municípios) e Cariri, Litoral Leste e Sertão Central com um município em cada.

Em 2009, o Vale do Jaguaribe mantém o padrão espacial frente ao observado no ano anterior, com a região do Vale do Jaguaribe (7 municípios) sendo destaque. Na sequência apareceram as regiões do Sertão Central (3 municípios) e Maciço de Baturité e Cariri com dois municípios em cada região.

No ano de 2010, ocorreu o primeiro grande deslocamento significativo desse padrão espacial frente ao observado um ano antes, no sentido da região do Cariri (5 municípios), seguido ainda pela recorrente região do Vale do Jaguaribe (3 municípios). Em 2011, a região do Vale do Jaguaribe (5 municípios) mantém o padrão observado nos últimos anos, seguido pelo Litoral Leste (3 municípios) e por Cariri e Grande Fortaleza com um município em cada.

Em 2012, ano que registrou forte redução no volume de chuvas, mostrou novo deslocamento territorial do padrão espacial em análise passando a se concentrar novamente na região do Cariri (7 municípios) e também no Vale do Jaguaribe (5 municípios) e menos expressivamente nas regiões do Litoral Leste e Sertão Central com um município em cada região.

O ano de 2013, manteve o mesmo padrão espacial observado no ano anterior, especialmente na região do Vale do Jaguaribe (6 municípios), seguido de longe das regiões do Cariri e Maciço de Baturité com apenas um município em cada região. Novamente, em 2014, a região que manteve o mesmo padrão de alta produtividade observada no ano anterior foi o Vale do Jaguaribe (4 municípios), seguido de longe pelas regiões Centro Sul, Litoral Leste e Sertão Central com um município em cada região. Até aqui foi possível observar que a região que manteve o padrão de alta produtividade do feijão observado também nos municípios vizinhos no ano anterior foi o Vale do Jaguaribe.

Todavia, em 2015, foi registrado o maior deslocamento territorial desse tipo de *cluster*, quando o Vale do Jaguaribe não registrou nenhum *cluster* espacial e a região do Cariri (12 municípios) passou a concentrar quase que totalmente esse padrão espacial seguido de longe pela região do Maciço de Baturité com um município.

A região do Cariri destacou-se novamente, em 2016, por manter-se como região de elevada produtividade por dois anos seguidos, com menor representatividade, as regiões do Maciço de Baturité e Vale do Jaguaribe com um município em cada. No geral, a região do

Vale do Jaguaribe e do Cariri foram as que mais se destacaram pela manutenção do padrão de alta produtividade da cultura do feijão ao longo do tempo.

Na análise da dinâmica espaço temporal dos *clusters* do tipo Baixo-Baixo (BB) foi possível notar que as regiões que mantiveram esse padrão comparado aos seus vizinhos nos anos anteriores, foram também o Vale do Jaguaribe (9 municípios) seguido pelo Cariri (5 municípios), Litoral Oeste/Vale do Curu (4 municípios), Centro Sul (3 municípios), Sertão dos Inhamuns (2 municípios) e pelas regiões da Grande Fortaleza, Litoral Norte, Serra da Ibiapaba e Sertão de Canindé com um município em cada.

As regiões que mais conservaram o padrão espacial do tipo BB, em 2009, comparado ao ano anterior, foram o Litoral Norte (7 municípios), revelando um novo deslocamento desse padrão espacial na direção dessa região, seguida pelo Sertão de Sobral (4 municípios) e pelas regiões da Serra da Ibiapaba e Grande Fortaleza com dois municípios em cada.

Em 2010, observaram-se novos deslocamentos territoriais desse padrão espacial local em direção as regiões do Litoral Oeste/Vale do Curu (8 municípios), seguido pelo Litoral Norte (7 municípios) e Sertão dos Crateús (5 municípios). Com menor representatividade, têm-se as regiões da Grande Fortaleza e Sertão Central com três municípios, as regiões do Sertão de Canindé e Sertão de Sobral com dois municípios e por fim, o Maciço de Baturité com apenas um município. No ano de 2011, o Sertão dos Crateús foi a região que persistiu com o padrão de baixa produtividade da cultura do feijão, comparado ao ano anterior, com quatro municípios, seguido pelas regiões do Litoral Norte, Litoral Oeste/Vale do Curu e Sertão dos Inhamuns com três municípios cada e Sertão de Canindé e Sertão de Sobral com um município em cada. Por sua vez, em 2012, apenas quatro regiões registraram o mesmo padrão de baixa produtividade registrado em 2011, Litoral Norte e Maciço de Baturité com três municípios e Grande Fortaleza e Sertão de Canindé com um município em cada.

Novos deslocamentos territoriais foram observados, em 2013, frente ao ano anterior, no padrão espacial em análise quando ganharam destaque as regiões do Sertão dos Crateús (7 municípios), seguido pelo Sertão dos Inhamuns (5 municípios) e com menor representatividade as regiões Centro Sul e Sertão de Canindé com três municípios, Grande Fortaleza e Sertão Central com dois municípios e Cariri e Maciço de Baturité com um município em cada região.

As regiões do Sertão dos Crateús e Sertão dos Inhamuns foram as que mais mantiveram o padrão de baixa produtividade da cultura do feijão em 2014, comparado a média de baixa produtividade dos municípios vizinhos no ano anterior com cinco municípios em cada. A novidade ficou por conta da região do Litoral Oeste/Vale do Curu que voltou a apresentar esse padrão espacial, anos atrás também com cinco municípios. Outras regiões que repetiram esse padrão espacial foram Sertão de Sobral com dois municípios e as regiões do Cariri, Centro Sul e Sertão de Canindé com um município em cada região.

No ano de 2015, a região de Sobral com onze municípios, destacou-se pela manutenção do padrão de baixa produtividade do feijão em relação ao observado no ano anterior, o mesmo com a região do Litoral Oeste/Vale do Curu com sete municípios. Outras regiões que também registraram a mesma baixa produtividade vista em 2014, foram: Sertão dos Inhamuns com três municípios, Litoral Norte, Serra da Ibiapaba e Sertão dos Crateús com dois municípios e Sertão Central com apenas um município. Por fim, em 2016, o padrão de baixa produtividade visto em 2015 foi repetido em 2016 principalmente na região do Centro Sul com seis municípios, seguido pelo Sertão Central com quatro

municípios e pelas regiões do Litoral Leste, Sertão de Sobral, Sertão dos Crateús e Sertão dos Inhamuns com um município em cada região.

Tabela 2 - Evolução da distribuição das quantidades de municípios por regiões de planejamento pertencentes aos quatro tipos de *clusters* espaciais bivariado no tempo da produtividade agrícola do feijão - Ceará - 2008 a 2016

Região de Planejamento	2008-2007	2009-2008	2010-2009	2011-2010	2012-2011	2013-2012	2014-2013	2015-2014	2016-2015
ALTO-ALTO (AA)									
Cariri	1	2	5	1	7	1		12	6
Centro Sul							1		
Grande Fortaleza				1					
Litoral Leste	1	1		3	1		1		
Litoral Norte									
Litoral Oeste/Vale do Curu									
Maciço de Baturité	8	2				1		1	1
Serra da Ibiapaba									
Sertão Central	1	3			1		1		
Sertão de Canindé									
Sertão de Sobral	2								
Sertão dos Crateús									
Sertão dos Inhamuns									
Vale do Jaguaribe	8	7	3	5	5	6	4		1
Total de Municípios	21	15	8	10	14	8	7	13	8
BAIXO-BAIXO (BB)									
Cariri	5					1	1		
Centro Sul	3					3	1		6
Grande Fortaleza	1	2	3		1	2			
Litoral Leste									1
Litoral Norte	1	7	7	3	3			2	
Litoral Oeste/Vale do Curu	4		8	3			5	7	
Maciço de Baturité			1		3	1			
Serra da Ibiapaba	1	2						2	
Sertão Central			3			2		1	4
Sertão de Canindé	1		2	1	1	3	1		
Sertão de Sobral		4	2	1			2	11	1
Sertão dos Crateús	9		5	4		7	5	2	1
Sertão dos Inhamuns	2			3		5	5	3	1
Vale do Jaguaribe									
Total de Municípios	27	15	31	15	8	24	20	28	14
BAIXO-ALTO (BA)									
Cariri			12	1	4	3		8	5
Centro Sul								3	
Grande Fortaleza	3			2					4
Litoral Leste				1					
Litoral Norte	1								
Litoral Oeste/Vale do Curu									
Maciço de Baturité		3				1			1
Serra da Ibiapaba									
Sertão Central		4			2				
Sertão de Canindé		2							

Sertão de Sobral	5								
Sertão dos Crateús		1							
Sertão dos Inhamuns									
Vale do Jaguaribe	1	2	4	1	3		5		
Total de Municípios	10	12	16	5	9	4	5	11	10
ALTO-BAIXO (AB)									
Cariri	4					1			1
Centro Sul	1	3					1		2
Grande Fortaleza		1	1			2	1	1	
Litoral Leste									
Litoral Norte			2	1	5			1	
Litoral Oeste/Vale do Curu				5				3	
Maciço de Baturité					3				
Serra da Ibiapaba					2				
Sertão Central	1		1			3			
Sertão de Canindé	1			1					
Sertão de Sobral								1	
Sertão dos Crateús	2		1	4			3		
Sertão dos Inhamuns	3								1
Vale do Jaguaribe				1			1		3
Total de Municípios	12	4	5	12	10	6	6	6	7
Total Geral	70	46	60	42	41	42	38	58	39

Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

Em suma, pela Tabela 2 é possível concluir que os *clusters* espaciais do tipo Baixo-Baixo (BB), ou seja, municípios com baixa produtividade de feijão circundados por municípios com também baixa produtividade de feijão no ano anterior, registraram também vários deslocamentos territoriais dentro do estado ao longo dos anos analisados. Percebe-se que treze regiões de planejamento registraram a presença desse tipo de padrão espacial em algum dos anos analisados. Contudo, os *clusters* do tipo Baixo-Baixo (BB) concentraram-se principalmente nas regiões do Sertão dos Crateús presente em sete anos com a maior quantidade de municípios, seguido pelas regiões Litoral Norte, Sertão de Sobral, Sertão dos Inhamuns e Sertão de Canindé presente em seis anos e na região do Litoral Oeste/Vale do Curu que apesar de aparecer em cinco anos registrou um número significativo de municípios, revelando que estas regiões mantêm os municípios com os menores índices de produtividade agrícola do feijão cearense ao longo do tempo, apresentando uma recorrência de baixa produtividade.

O padrão espaço temporal do tipo Baixo-Alto (BA) foi observado principalmente na região do Sertão de Sobral com cinco municípios, revelando que esses municípios registraram baixa produtividade dessa cultura em torno de municípios que tinham alta produtividade no ano anterior. Na sequência, aparece as regiões da Grande Fortaleza (3 municípios) e Litoral Norte e Vale do Jaguaribe com um município em cada região. Em 2009, foram observados deslocamentos territoriais desse padrão na direção das regiões do Sertão Central com quatro municípios, seguido das regiões do Maciço de Baturité com três municípios, Sertão de Canindé e Vale do Jaguaribe com dois municípios e Sertão dos Crateús com apenas um município.

Em 2010, esse padrão de baixa versus alta produtividade do feijão observada no ano anterior, sofreram novos deslocamentos na direção da região do Cariri que passou a formar um *cluster* com doze municípios, seguida pela região do Vale do Jaguaribe com

quatro municípios. Em 2011, as regiões que registraram baixa produtividade na vizinhança de alta produtividade no ano anterior, foram a Grande Fortaleza com dois municípios e as regiões do Cariri, Litoral Leste e Vale do Jaguaribe com apenas um município em cada região. No ano de 2012, tiveram novos deslocamentos territoriais desse padrão para as regiões do Cariri com quatro municípios, Vale do Jaguaribe com três municípios e Sertão Central com dois municípios.

Apenas duas regiões apresentaram baixa produtividade em 2013 em torno de alta produtividade observada no ano anterior, Cariri com três municípios e Maciço de Baturité com um município. No ano de 2014, foi observada outra mudança territorial desse padrão espacial na direção apenas do Vale do Jaguaribe com quatro municípios. Em 2015, nova alternância territorial, agora na direção do Cariri com oito municípios e Centro Sul com três municípios. Por fim, em 2016, a região do Cariri destaca-se por repetir esse padrão espacial pela segunda vez consecutiva com cinco municípios, seguida da Grande Fortaleza com quatro municípios e Maciço de Baturité com apenas um município. Diante o exposto é possível novamente afirmar que a defasagem espaço temporal apresentou vários deslocamentos territoriais ao longo dos anos, estando mais presente nas regiões do Cariri e Vale do Jaguaribe.

Por fim, os *clusters* do tipo Alto-Baixo (AB) foram observados especialmente nas regiões do Cariri (4 municípios) e Sertão dos Inhamuns (3 municípios), revelando que alguns municípios nestas regiões apresentaram alta produtividade do feijão circundados por municípios com baixa produtividade no ano anterior, seguido pelas regiões do Sertão dos Inhamuns com dois municípios e pelas regiões do Centro Sul, Sertão Central, Sertão de Canindé com um município em cada região. Esse padrão espacial deslocou-se para as regiões do Centro Sul com três 3 municípios e Grande Fortaleza com um município em 2009.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela análise dos resultados é possível notar que a produtividade da cultura do feijão registrou queda em todo o País, fenômeno esse também observado em todas as regiões com exceção do Centro-Oeste. O estado do Ceará registrou um desempenho ainda pior quando a produtividade média cearense passou a representar apenas 16,6% da média nacional no último da série. Nota-se, que todas as regiões de planejamento do estado experimentaram retração na produtividade da lavoura temporária do feijão, particularmente explicada por anos sucessivos de seca.

Em suma, o presente estudo constatou que os dados da produtividade agrícola do feijão cearense guarda uma dependência espaço temporal ao longo dos anos, cujos padrões espaciais mais frequentes foram do tipo AA e BB, que apesar de alguns deslocamentos territoriais, apresentam nítida concentração em algumas regiões do estado.

Como o padrão de baixa produtividade foi o mais frequente, a melhor compreensão dos fatores que afetam essa produtividade pode ajudar a reverter essa situação recorrente em boa parte dos municípios cearenses. Assim, políticas de melhorias de plantio, irrigação, seleção de cultivares, avanços tecnológicos podem ajudar a mudar essa realidade, em especial, das pessoas mais carentes, dado que no estado do Ceará essa é uma cultura de subsistência.

REFERÊNCIAS

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

ANJOS JR, O. R.; CIRÍACO, J. S.; RODRIGUES, P. S.; PAIXÃO, M. C. S. **O rendimento da castanha de caju: uma análise espacial para o estado da Paraíba**. Reflexões Econômicas, Ilhéus (BA). n.2. v.2. p.37-54. abr.-set 2016.

ANSELIN, L.; SYABRI, I.; KHO, Y. **GeoDa: na introduction to spatial data analysis**. University of Illinois, 2003. (Mimeo)

_____.; SYABRI, I.; SMIRNOV, O. **Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows**. University of Illinois, 2003. (Mimeo)

FELEMA, J.; MEDEIROS, E. R.; FERREIRA, C. R.; Camara, M. R. G.; Nascimento, S. P. **Um estudo da produtividade do feijão, do milho e da soja na agricultura paranaense, nos anos 2000 e 2010: uma análise espacial**. Ensaio FEE, Porto Alegre, vol. 36, n° 4, p. 817-842, mar. 2016.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal (PAM)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Vários acessos.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Ceará em mapas: caracterização territorial**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11.htm>>. Acessado em: 17 de agosto de 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Zoneamento agrícola. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/safra-vigente/ceara>>. Acessado em: 14 de agosto de 2018.

PASCHOALINO, P. A. T.; MICHELLON, E.; BERNARDELLI, L. V.; GOBI, J. R.; SANTO, L. G. O. **Análise espacial da produtividade agrícola do feijão nos municípios paranaenses nos anos de 2006, 2010 e 2014**. Economia & Região, Londrina, Paraná, vol. 5, n° 1, p. 107-123, jan.-jun de 2017.

PEROBELLI, F.S.; ALMEIDA, E.S.; ALVIM, M.I.S.A.; FERREIRA, P.G.S. **Análise espacial da produtividade do setor agrícola brasileiro: 1991-2003**. Revista Nova Economia. Vol.17 no. 1, Belo Horizonte, p. 65-91, Jan./Apr. 2007.

ROCHA, C. B.; PARRÉ, J. L. **Estudo da distribuição espacial do setor agropecuário do Rio Grande do Sul**. Análise Econômica, Porto Alegre, ano 27, n° 52, p. 139-160, set. 2009.

SAITH, W.; KAMITANI, E. L. T. **Convergência e dinâmica agropecuária: uma análise espacial entre os anos de 1990 e 2013**. Revista de Economia e Agronegócio, vol. 14, nº 1,2 e 3, 2016.

SOUZA, E. C.; SILVA, G. J. C. **Dinâmica espacial e formação de *clusters* significativos no setor agropecuário de Minas Gerais**. Economia e Tecnologia, Ano 06, Vol. 20, Janeiro/Março 2010.

TEIXEIRA, R. F. A. P; BERTELLA, M. A. **Distribuição espaço-temporal da produtividade média do café em Minas Gerais: 1997-2006**. Análise Econômica. Porto Alegre, ano 33, n. 63, p. 275-299, mar. 2015.

VIDIGAL, V. G.; ROCHA, C. B; PARRÉ, J. L. **Efeitos espaciais sobre a produtividade da soja no Rio Grande do Sul: um estudo exploratório**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009.