

ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO FEIJÃO EM RELAÇÃO AS CHUVAS OBSERVADAS NOS MUNICÍPIOS CEARENSES ENTRE OS ANOS DE 2008 A 2016

Kilmer Coelho Campos¹
Deusimar Lira Cavalcante Filho²
Alexsandre Lira Cavalcante³
Vitor Hugo Miro Couto Silva⁴
Edward Martins Costa⁵

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo central identificar a existência de padrões de dependência espacial da produtividade agrícola do feijão em relação as chuvas observadas nos municípios cearenses nos anos de 2008 a 2016, fazendo uso da técnica conhecida como análise exploratória de dados espaciais (AEDE) bivariada. Os dados foram obtidos junto a Pesquisa Agrícola Municipal disponibilizada pelo IBGE e na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme). Os principais resultados apontam para a presença de dependência espacial da produtividade agrícola do feijão em relação as chuvas observadas nos municípios vizinhos em quase todos os anos, com mudança do sinal e da força da autocorrelação diferindo entre anos acima e abaixo da média de chuvas. Foi observado também mudanças na frequência dos vários tipos de *clusters* espaciais, acompanhado de vários deslocamentos dentro do território do estado, revelando em cada ano, as regiões mais afetadas por questões climáticas.

Palavras-chave: Produtividade agrícola do feijão. Análise exploratória de dados espaciais bivariada. Dependência Espacial. Climatologia. *Clusters*. Estado do Ceará.

ABSTRACT

The present study has as main objective to identify the existence of patterns of spatial dependence of the agricultural productivity of the beans in relation to the rains observed in the municipalities of Ceará from 2008 to 2016, making use of the technique known as exploratory data analysis space (ESDA) bivariate. The data were obtained from the Municipal Agricultural Survey provided by IBGE and at the Cearense Foundation of Meteorology and Water Resources (Funceme). The main results point to the presence of spatial dependence of the bean's agricultural productivity in relation to the rains observed in the neighboring municipalities in almost every year, with change of the signal and the strength of the autocorrelation differing between years above and below the rainfall average. Changes in the frequency of the various types of spatial clusters were also observed, accompanied by several displacements within the territory of the state, revealing the regions most affected by climatic conditions.

Keywords: Bean agricultural productivity. Exploratory analysis of bivariate spatial data. Space Dependence. Climatology. Clusters. State of Ceará.

Área 3 – Geografia e História Econômica

Subárea: Economia Agrícola e do Meio Ambiente.

¹ Professor Doutor do Curso de Pós-Graduação em Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (MAER-UFC). E-mail: kilmer@ufc.br. Telefone: (85) 98619-0490.

² Mestrando em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará. E-mail: deusimarfilho@yahoo.com.br.

³ Doutor em Economia pelo Centro de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará. Analista de Políticas Públicas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. E-mail: alexsandre.lira@ipece.ce.gov.br

⁴ Professor Doutor do Curso de Pós-Graduação em Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (MAER-UFC). E-mail: vitormiro@gmail.com.

⁵ Professor Doutor do Curso de Pós-Graduação em Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (MAER-UFC). E-mail: edwardcosta@ufc.br

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijão caupi conhecido também como feijão-de-corda ou feijão macaçar é cultivado, predominantemente, na região semiárida do Nordeste e em pequenas áreas da Amazônia e está se expandindo para a região Centro-Oeste, principalmente para o estado de Mato Grosso (FREIRE FILHO, 2011).

Essa cultura é plantada por pequenos e grandes produtores com diferentes sistemas de produção e em todas as regiões do País. Na região Nordeste, a produção tradicionalmente concentra-se nas áreas semiáridas, feita principalmente por agricultores familiares que ainda utilizam práticas tradicionais onde outras culturas leguminosas, em razão da irregularidade das chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem a contento.

Conforme zoneamento agrícola da Embrapa, as temperaturas ótimas para o bom desenvolvimento desta cultura estão na faixa de 18°C a 34°C. Temperaturas elevadas prejudicam o crescimento e o desenvolvimento da cultura, exercendo influência sobre o abortamento de flores, o vingamento e a retenção final de vagens, afetando, também, o número de sementes por vagem. A cultura do feijão não tolera frio em nenhuma fase de seu ciclo de desenvolvimento, sendo sensível ao calor excessivo, além de apresentar baixa resistência à deficiência hídrica.

O feijão caupi é uma cultura importante para a alimentação básica do brasileiro, por ser uma fonte de proteína, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro. O feijão é um componente importante da dieta alimentar dos mais pobres, além de gerar renda e ocupação para mão de obra menos qualificada.

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

Em 2016, a região Nordeste deteve ainda quase metade da área plantada do país, com o estado do Ceará ocupando a primeira colocação no ranking nacional, revelando a importância dessa cultura para o estado. O Ceará registrou a maior participação da área plantada de feijão no total da área plantada na lavoura temporária comparado a todos os demais estados do país. Vale ainda destacar que o feijão vem ocupando a segunda maior área plantada na lavoura temporária cearense dentre as dezesseis culturas realizadas desde 2008, superado apenas pela área plantada de milho. Ademais, o plantio dessa cultura está presente no total dos 184 municípios cearenses, com a exceção de Fortaleza em 2016.

No tocante a quantidade produzida, o Brasil registrou queda significativa na comparação dos anos de 2008 a 2016, acompanhando diretamente a redução de 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.

A regionalização atual dos municípios adotada pela Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG) é composta por 14 Regiões de Planejamento, sendo as mesmas: Cariri, Centro Sul, Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte, Litoral Oeste/Vale do Curu, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central, Sertão de Canindé, Sertão dos Crateús, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe. Estas regiões foram criadas a partir de aspectos semelhantes vinculados às características geoambientais, socioeconômicas, culturais e de rede de fluxos dos municípios.

Conforme as Resoluções nº 107 e 115 da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, o Ceará detém aproximadamente 93% de seu território inserido na região do semiárido nordestino, o que o torna vulnerável aos fenômenos da seca, caracterizada

principalmente pela irregularidade têmporo-espacial e escassez pluviométrica em determinados períodos do ano, na qual, é potencializado seu efeito pelas altas taxas de evapora o/evapotranspira o afetando em boa parte a produtividade da agricultura.

Neste contexto, cita-se que a grande maioria dos municípios cearenses está inserida no território do semiárido, que se constitui em uma região caracterizada ambientalmente por possuir solos rasos com presença de rochas cristalinas, altas temperaturas, variabilidade espacial e temporal das chuvas e elevada deficiência hídrica, apresentando recorrentes secas.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo central apresentar a distribui o espacial da produtividade agrícola do feijão cearense tentando-se identificar a existência ou não de padrões de dependência espacial desta variável em rela o as chuvas observadas medida em milímetros nos municípios vizinhos nos anos de 2008 a 2016, fazendo uso da técnica conhecida como análise exploratória de dados espaciais (AEDE) bivariada, permitindo, assim, uma compara o e uma identifica o de possíveis mudanças no padrão espacial identificado ao longo dos anos.

Para isso, tra am-se alguns objetivos específicos a serem alcançados no término do trabalho. O primeiro, é realizar uma breve análise descritiva da dinâmica nos dados da produtividade agrícola de feijão em quilos por hectare para o país, por regiões e estados e também por municípios e regiões de planejamento no estado do Ceará no período de 2008 a 2016, apresentando as principais mudanças ocorridas nesse período.

Segundo, calcular o  ndice de autocorrela o espacial global bivariada entre a produtividade agrícola do feijão e a variável de chuvas observadas medida em milímetros, tentando descobrir se os valores da produtividade agrícola do feijão num dado município guardam uma associa o espacial global com os valores desta outra variável observada nos municípios vizinhos, ou seja, identificar a existência de um padrão global entre estas as variáveis selecionadas.

Terceiro, calcular a autocorrela o espacial local bivariada entre a produtividade agrícola do feijão e as chuvas observadas para se tentar identificar se a produtividade agrícola do feijão num dado município guarda uma associa o espacial local com os valores desta variável climática observada nos municípios vizinhos, na tentativa de identificar posteriormente a existência de *clusters* espaciais bivariados climáticos.

O presente estudo está dividido em cinco se es. Após essa introdu o, a se o dois apresentar  o referencial teórico sobre a importância da cultura do feijão e alguns exemplos de uso da técnica de análise exploratória de dados espaciais. Na se o três têm-se os fundamentos metodológicos com a apresenta o da técnica de análise exploratória de dados espaciais, seguida das descri es das variáveis utilizadas e suas fontes. Na quarta se o apresentam-se a análise e discussão dos resultados alcançados. Por fim, a última se o traz as considera es finais do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Ao investigar a distribui o 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 homog nea em Minas Gerais.

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.

Para Saith e Kamitani (2016), no estudo da convergência e dinâmica agropecuária: uma análise espacial entre os anos de 1990 e 2013, foi reconhecido que o crescimento da agropecuária tem sido alvo de várias pesquisas que colocam em evidência a crescente importância do setor agropecuário na região Norte do País. A geografia econômica citada pelo trabalho mostra que fenômenos econômicos podem apresentar dependência espacial. O objetivo proposto foi verificar a existência de *clusters* espaciais da agropecuária nas microrregiões brasileiras, com destaque nas variáveis pecuária, lavouras permanentes e temporárias, nos anos de 1990 e 2013. Os resultados da pesquisa revelaram a existência de autocorrelação espacial na agropecuária entre as microrregiões do Brasil.

Por sua vez, Rocha e Parré (2009) ao realizar um estudo sobre a distribuição espacial municipal do setor agropecuário do Rio Grande do Sul para o ano de 2004 e utilizando como variável endógena o valor bruto da produção agropecuária, identificaram a presença de autocorrelação espacial positiva entre os municípios e a existência de *clusters* espaciais da agropecuária, revelando que as maiores produções se localizam nos municípios localizados nas regiões Norte e Nordeste do referido estado.

Estudo semelhante foi feito por Sousa e Silva (2010) para a dinâmica espacial e formação de *clusters* significativos no setor agropecuário em Minas Gerais, tentando testar a existência de uma natureza multidirecional do padrão de interação intermunicipal, que fossem capazes de produzir notórios efeitos espaciais nesse estado. Novamente foi mostrado que existe certa dependência espacial também na produção agropecuária no estado de Minas Gerais, o que implica em dizer que o padrão de interação intermunicipal produz externalidades espaciais positivas, formando também *clusters* significativos, explicando o maior dinamismo setorial nas regiões mais produtivas.

Através de um estudo exploratório dos efeitos espaciais sobre a produtividade da soja no Rio Grande do Sul no período entre 1990 e 2005, utilizando como ferramenta metodológica 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.

Perobelli *et al.* (2007) analisou 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 utilizou a análise exploratória de dados espaciais (AEDE). O principal resultado revela que a produtividade agrícola nacional está crescentemente autocorrelacionada no espaço 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 da bivariada constataram uma autocorrelação espacial temporal positiva, mostrando, assim, que o tempo tem influenciado na estrutura dos dados.

Em suma, a produtividade de diferentes culturas agrícolas têm sido objeto de observação e estudo por parte de diferentes autores para diferentes estados no país. Diferentes metodologias aplicadas têm tentado 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 interesse pode alcançar resultados espúrios.

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

Partindo-se da hipótese fundamental da existência de um relacionamento da variável de interesse com sua localização dentro do território do estado do Ceará e com outras variáveis, e para atender aos objetivos propostos nesse estudo, faz-se necessário o uso da técnica conhecida como análise exploratória de dados espaciais (AEDE) bivariada.

3.1 Autocorrelação Espacial Global Bivariada com as Chuvas Observadas

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.

Anselin *et al.* (2003) afirma que a autocorrelação espacial global pode ser captada também num contexto bivariado, objeto central do presente estudo. Neste caso, busca-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 com a variável chuva observada. Na defasagem espacial com variáveis climáticas, busca-se identificar a autocorrelação espacial global entre a produtividade do feijão de um dado município em um dado ano em relação a média dos valores das variável climática observada nos municípios vizinhos no mesmo ano, revelando ou não a existência de dependência espacial da produtividade agrícola do feijão em relação a esta variável selecionada que pode ser positiva ou negativa.

Um índice *I* de Moran global bivariado positivo significa que municípios que apresentam elevados valores da produtividade do feijão tendem a estar rodeadas por municípios vizinhos com valores altos de chuvas, bem como municípios com baixa

produtividade tendem a estar rodeadas também por municípios vizinhos com baixos valores de chuvas no mesmo ano.

Por outro lado, um índice I de Moran global bivariado negativo significa que municípios com baixos valores da produtividade do feijão estão circundadas por municípios com altos valores de chuvas, ao passo que municípios com altos valores da produtividade agrícola do feijão são vizinhos de municípios com baixos valores da outra variável climática utilizada no mesmo ano.

Em resumo, a partir do cálculo da estatística do I de Moran global bivariada em relação as variáveis climáticas 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 no caso as chuvas observadas nas regiões vizinhas.

O diagrama de dispersão de Moran bivariado 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)⁶. No primeiro quadrante, localiza-se o agrupamento dos valores Alto-Alto (AA), ou seja, este agrupamento exibe regiões com valores altos da variável de interesse plotados no eixo das abscissas, circundados por regiões com valores também altos da outra variável de interesse, 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 eixo das abscissas, são circunvizinhas de regiões com valores altos da outra variável de interesse, 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 outra variável de interesse, plotados no eixo das ordenadas.

⁶ 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.

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 abcissas, circundados por regiões com valores baixos da outra variável de interesse, plotados no eixo das ordenadas.

3.2 Autocorrelação Espacial Local Bivariada com as Chuvas Observadas

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 com variáveis climáticas selecionadas:

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

em que Wz_{2i} é a defasagem espacial da variável 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 das chuvas observadas nas localidades vizinhas (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.

Como parte final do estudo, serão também construídos mapas de significância e de *clusters* espaciais bivariado com a variável climática selecionada buscando identificar se a produtividade agrícola do feijão em um dado município i num determinado ano guarda uma associação espacial local com a média do valor das chuvas observadas nos municípios vizinhos no mesmo ano, na tentativa de identificar posteriormente a existência de *clusters* espaciais bivariados climáticos que podem também ser de quatro tipos Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto.

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. 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, cuja base de dados é a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE. 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 realizar a análise bivariada com variáveis climáticas foi escolhida uma que mede as condições climatológicas no estado do Ceará obtidas junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) que são as chuvas observadas em milímetros por ano. Tal variável representa a precipitação pluviométrica anual registrada em cada município no período observado. Sendo assim, é esperado uma associação espacial

global positiva entre a produtividade agrícola do feijão num dado município e o volume de chuvas observadas nos municípios vizinhos para cada ano em análise. A hipótese traçada aqui é que quanto maior o volume de chuvas observadas nos municípios vizinhos, maior é a produtividade de feijão esperada no município em análise, destacadamente em anos de seca.

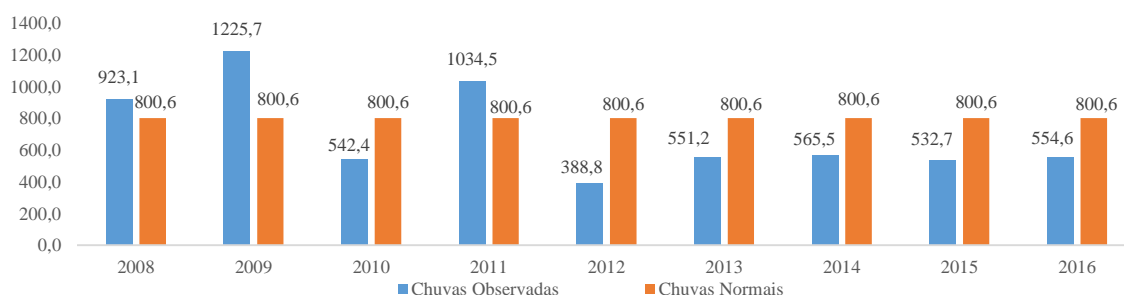
4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Na presente seção busca-se atender aos objetivos proposto no estudo, ou seja, saber se existe ou não dependência espacial nos dados da produtividade agrícola da cultura do feijão no estado do Ceará em relação as chuvas observadas. Para tanto, será aplicada a técnica de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) bivarida como descrita na seção anterior, considerando para análise o período de 2008 a 2016 visando uma análise comparativa ao longo dos anos.

4.1 Dinâmica das Chuvas Cearenses

O Gráfico 1 abaixo apresenta a evolução do volume de chuvas observada no estado do Ceará entre os anos de 2008 a 2016 comparativamente a média histórica conhecida como normal climatológica. Nota-se que entre os anos de 2008 a 2011 foi registrado um volume de chuvas superior a média histórica, a exceção de 2010, revelando bons anos de chuvas. Todavia, em 2012, foi iniciada uma série de chuvas abaixo da média que se repetiu durante cinco anos consecutivos.

Gráfico 1 - Evolução do volume de chuvas observada – Ceará – 2008 a 2016 (mm³)



Fonte: FUNCEME. Elaborado pelos autores.

Os dados da Pesquisa Agrícola Municipal revelam que a produtividade agrícola nacional da lavoura do feijão apresentou um crescimento de apenas 1,8%, passando de 872 kg/ha, em 2008, para 888 kg/ha, em 2016, resultado dado pela combinação simultânea de queda na área plantada (-25,7%) superior a queda na quantidade produzida (-24,4%) nesta cultura. Nesse mesmo período, três regiões registraram aumento de produtividade do feijão, Sudeste (+28,0%); Norte (+7,7%) e Sul (+4,1%). Por outro lado, outras duas registraram perdas significativas a exemplo da região Nordeste (-53,0%) e Centro-Oeste (-26,3%).

Como resultado, a diferença de produtividade entre as regiões se intensificou ainda mais nos últimos anos, alcançando em 2016, as seguintes marcas: Sudeste lidera com 1.816 kg/ha, seguida pela regiões Sul (1.545 kg/ha); Centro-Oeste (1.413 kg/ha); Norte (800 kg/ha) e Nordeste (208 kg/ha). Nota-se, assim, que a produtividade da região Sudeste é mais que o dobro da registada pela média do país, enquanto o Nordeste representa aproximadamente um quarto da média nacional. Esses resultados podem, em parte, ser explicados principalmente por diferenças de tecnologia, clima e solo desfavoráveis na última região que concentra grande parte de seu território no clima semiárido.

Em 2008, a produtividade média cearense da lavoura do feijão era de 426 kg/ha. Nota-se que cinco regiões de planejamento presentes no estado registraram produtividades

acima desta média: Vale do Jaguaribe (586 kg/ha); Sertão de Canindé (550 kg/ha); Sertão Central (525 kg/ha); Maciço de Baturité (505 kg/ha) e Litoral Leste (429 kg/ha). Por outro lado, as menores produtividades foram observadas nas regiões do Litoral Norte (315 kg/ha); Grande Fortaleza (330 kg/ha); Litoral Oeste/Vale do Curu (341 kg/ha); Centro Sul (342 kg/ha) e Sertão de Sobral (358 kg/ha).

Chama atenção o fato de que como a produtividade é dada pela razão da quantidade produzida em toneladas pela área plantada em hectares, nem sempre aquela região com maior quantidade produzida ou maior área plantada vai estar nas melhores posições de produtividade revelando melhor eficiência produtiva ou combinação ótima entre o insumo terra e produção, mostrando que existem outros fatores determinantes desta medida.

Já em 2016, a produtividade agrícola do feijão cearense caiu significativamente em 65,4% na comparação a 2008, ou seja, uma redução de 278,7 kg/ha, passando a registrar uma produtividade média de 148 kg/ha nesse ano. Ou seja, em 2008, a produtividade média cearense representava 48,9% da nacional, caindo para 16,6%, em 2016.

Nota-se que na comparação de 2008 e 2016, todas as regiões cearenses apresentaram queda de produtividade variando entre 41,5% e 79,0%. As mais expressivas foram observadas nas regiões do Litoral Leste (-79,0%; -339,1 kg/ha); Sertão de Canindé (-77,4%; -425,9 kg/ha); Sertão Central (-72,9%; -382,3 kg/ha); Sertão dos Inhamuns (-72,8%; -310,3 kg/ha) e Maciço de Baturité (-67,7%; -341,6 kg/ha).

Mesmo com essa queda significativa de produtividade, novamente cinco regiões de planejamento apresentaram produtividades acima da média estadual: Vale do Jaguaribe (201 kg/ha); Cariri (190 kg/ha); Litoral Norte (184 kg/ha); Serra da Ibiapaba (182 kg/ha); Maciço de Baturité (163 kg/ha). Por outro lado, as regiões com as menores produtividades foram: Litoral Leste (90 kg/ha); Sertão dos Inhamuns (116 kg/ha); Sertão do Canindé (125 kg/ha); Grande Fortaleza (125 kg/ha) e Centro Sul (128 kg/ha) para listar as cinco menores.

Novamente chama atenção a relação entre quantidade produzida e área plantada para 2016 dado que a região do Vale do Jaguaribe com décima maior área plantada (6,07%) e quinta maior quantidade produzida (8,26%) registrou a maior produtividade dentre as regiões cearenses, enquanto que a região do Sertão dos Crateús com maior área (18,44%) e maior quantidade produzida (16,37%) ocupou a nona colocação no estado.

A média da produtividade calculada a partir da produtividade dos municípios foi de 420,9 kg/há em 2008, acima do valor da mediana de 400,0 kg/ha, revelando também uma distribuição moderadamente assimétrica a direita da lavoura do feijão. O desvio-padrão de 145,7 kg/ha, agora abaixo da média, revela uma dispersão da produtividade municipal de moderada a forte. O coeficiente de variação de 34,6% mostra que a distribuição da produtividade agrícola do feijão é bastante dispersa em torno da sua média. Por sua vez, o coeficiente de curtose da produtividade agrícola do feijão de 2,7 revela uma distribuição do tipo leptocúrtica com maior frequência em torno dos municípios com menor produtividade.

Nota-se ainda que 60,8% das observações, ou seja, 102 municípios apresentaram produtividade até 424,82 kg/ha levemente acima da média, revelando que boa parte dos municípios detém menor produtividade. Por outro lado, apenas 32 municípios tem produtividade acima de 561,14 kg/ha.

Em 2016, a produtividade agrícola do feijão, oscilou entre um mínimo de 20,0 kg/ha, registrado no município de Iracema pertencente a região do Vale do Jaguaribe e um máximo de 871,4 kg/ha registrado no município de São João do Jaguaribe também pertencente a região do Vale do Jaguaribe.

A média da produtividade calculada a partir da produtividade dos municípios caiu para 157,9 kg/ha, acima do valor da mediana de 131,13 kg/ha, aumentando ainda mais a assimetria para a direita da distribuição que passou a ser de 0,77. O desvio-padrão de 104,2

kg/ha novamente mostra uma dispersão da produtividade municipal acentuada. O coeficiente de variação igual a 66,0% revela um aumento da dispersão da produtividade em torno da média.

Por sua vez, o coeficiente de curtose da produtividade agrícola do feijão passou a ser de 13,5 aumentando bastante a concentração dos municípios com menor produtividade, quando 102 municípios que estavam distribuídos nas duas primeiras classes em 2008, passaram a se concentrar apenas na primeira classe da distribuição em 2016 cujo limite superior era de apenas 141,6 kg/ha.

Diante o exposto é possível afirmar que entre os anos de 2008 e 2016, ocorreu uma forte queda da produtividade acompanhada de uma nítida migração dos municípios para as faixas mais baixas de produtividade nessa cultura, isto é, uma piora explícita no cenário da produtividade cearense explicado por fatores climáticos.

4.2 Autocorrelação Espacial Global Bivariada com as Chuvas Observadas

A presente seção apresenta os resultados do cálculo da estatística de autocorrelação espacial global da produtividade agrícola do feijão para o caso bivariado com as chuvas observadas (CHUVA) para os anos de 2008 a 2016. O uso de variáveis climáticas é fundamental dado a necessidade de boas condições hidrológicas para o cultivo dessa cultura. Conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), a cultura do feijão não tolera geada em nenhuma fase de seu ciclo de desenvolvimento, sendo ainda sensível ao calor excessivo, além de apresentar baixa tolerância à deficiência hídrica.

4.3 Autocorrelação Espacial Local Bivariada com as Chuvas Observadas

Conforme Tabela 1 abaixo, é possível afirmar que existe um padrão de associação linear global entre a produtividade agrícola do feijão e a chuva observada para quase todos os anos analisados, exceto o ano de 2016 cuja estatística não foi significativa nem a 10%. Com isso, é possível afirmar que a produtividade agrícola do feijão num dado município guarda uma associação espacial global com a chuva observada nos municípios vizinhos para os anos de 2008 a 2015.

Tabela 1 - Coeficiente do *I* de Moran global bivariado para a produtividade agrícola do feijão (FPR) e chuva observada (CHUVA) - Ceará - 2008 a 2016

Variáveis/Ano	Permutações	Pseudo-p valor	I	E(I) = -1/(n-1)	mean	Desvio-Padrão	z-value
FPR2008-CHUVA2008	999	0,001	-0,2058	-0,0055	0,0013	0,0345	-5,9952
FPR2009-CHUVA2009	999	0,001	-0,2825	-0,0055	0,0006	0,0364	-7,7752
FPR2010-CHUVA2010	999	0,051	0,0563	-0,0055	0,0009	0,0357	1,5515
FPR2011-CHUVA2011	999	0,001	-0,2120	-0,0055	0,0023	0,0353	-6,0721
FPR2012-CHUVA2012	999	0,001	0,1527	-0,0055	0,0002	0,0347	4,3929
FPR2013-CHUVA2013	999	0,001	0,1249	-0,0055	-0,0023	0,0352	3,6076
FPR2014-CHUVA2014	999	0,001	0,2919	-0,0055	-0,0006	0,0352	8,3003
FPR2015-CHUVA2015	999	0,001	0,2092	-0,0055	-0,0012	0,0355	5,9193
FPR2016-CHUVA2016	999	0,134	0,0398	-0,0055	-0,0011	0,0359	1,1408

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

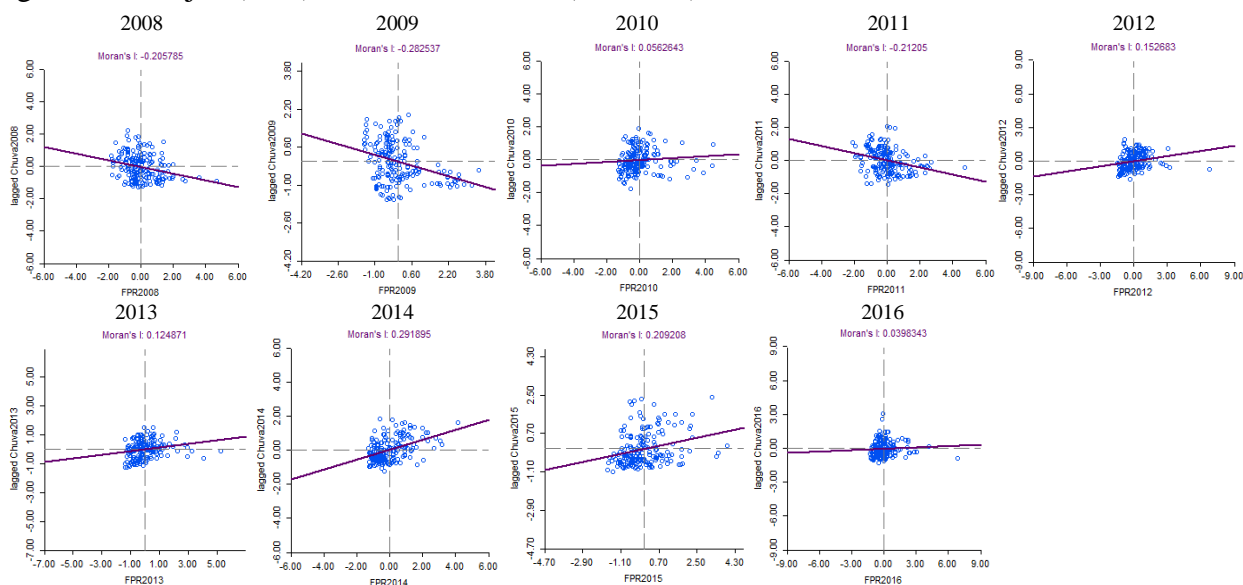
Vale notar que o sinal da autocorrelação espacial bivariada com a chuva representando a inclinação da reta de regressão linear da produtividade do feijão frente a defasagem espacial das chuvas muda em alguns anos como observado na Figura 1.

Nos anos de 2008, 2009 e 2011, anos considerados de chuvas acima da média histórica, o sinal do coeficiente estimado foi negativo, revelando que, no geral, municípios com elevada produtividade agrícola do feijão estão rodeados por municípios com baixa precipitação pluviométrica e que municípios com baixa produtividade agrícola do feijão estão rodeados por municípios com elevada precipitação pluviométrica, como se a chuva

registrada nos municípios vizinhos não fosse importante para a produtividade dos municípios em análise, o que parece algo contraditório.

Uma possível explicação para esse fenômeno, é que em anos de boas chuvas, os agricultores decidem plantar uma área muito maior que em anos de seca visando uma maior produção o que pode fazer a produtividade não crescer na mesma intensidade do volume de chuvas. Uma outra possível explicação para este fenômeno é que o excesso de chuvas também pode prejudicar de alguma forma a colheita dessa cultura por encharcar o solo, em função do escoamento superficial, havendo forte transbordamento de águas para o municípios vizinhos.

Figura 1 - Diagrama de dispersão do I de Moran global bivariado para a produtividade agrícola do feijão (FPR) e chuva observada (CHUVA) - Ceará - 2008 a 2016



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

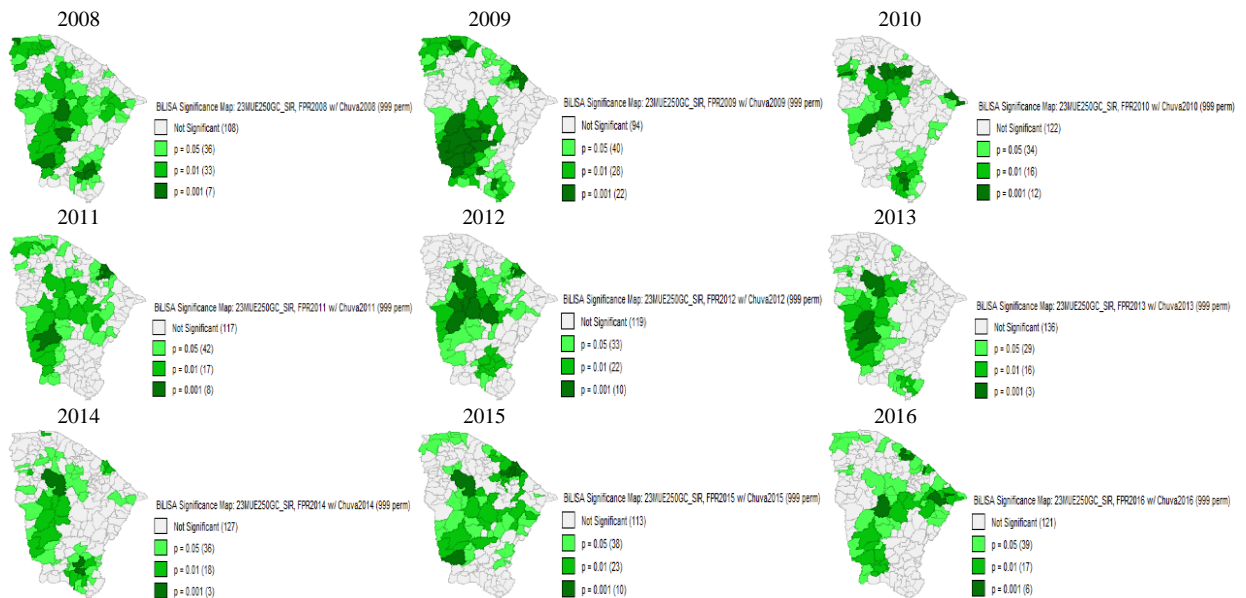
Todavia, em 2010, 2012, 2013, 2014 e 2015, anos com chuvas abaixo da média histórica, o sinal do coeficiente estimado ficou positivo, revelando no geral, que municípios com elevada produtividade agrícola do feijão estão rodeados por municípios com elevada precipitação pluviométrica e que municípios com baixa produtividade agrícola estão também cercados por municípios com baixa precipitação de chuvas. Esse fenômeno é o esperado dado que em anos de seca, o pouco que chove num dado município ajuda na umidificação da terra dos municípios vizinhos ampliando a produtividade dos últimos.

Ao se analisar a magnitude do índice de Moran pode-se afirmar que o grau de associação espacial bivariado da produtividade do feijão com a chuva oscilou entre um valor negativo (-0,2825) no ano de 2009 e um valor positivo (+0,2919) no ano de 2014, revelando, assim, que o grau de associação linear espacial global bivariado não é tão forte em nenhum dos anos analisados, dado que o referido índice varia de zero a um em módulo. Os anos que revelaram as maiores associações lineares acima de $|0,2|$ foram: 2008 ($I=-0,2058$); 2009 ($I=-0,2825$) e 2011 ($I=-0,2120$) para o caso de associação global negativa e 2014 ($I=+0,2919$) e 2015 ($I=+0,2092$) no caso de associação global positiva.

Assim, como se pôde obter um coeficiente de autocorrelação espacial global num contexto bivariado com as chuvas observadas, também é possível conseguir uma medida de autocorrelação espacial local bivariada com esta variável. A presente seção calculou o coeficiente de autocorrelação espacial local bivariado da produtividade agrícola do feijão com as chuvas observadas. 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 o mapa de significância do *I* de Moran local bivariado da produtividade agrícola do feijão com as chuvas observadas disponível na Figura 15 abaixo.

Figura 2 - Mapa de significância LISA do *I* de Moran local bivariado para a produtividade agrícola do feijão (FPR) e chuva observada (CHUVA) - Ceará - 2008 a 2016



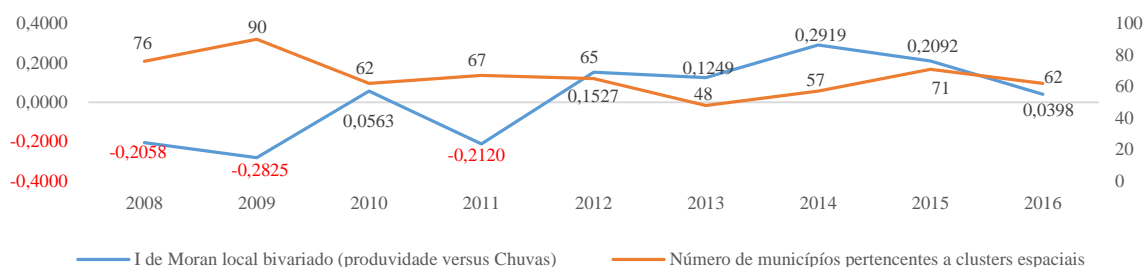
Fonte: Elaborado pelos autores. Matriz de ponderação tipo Rainha de ordem 1.

Pela análise do Gráfico 2 que relaciona a estatística do *I* de Moran local bivariado da produtividade agrícola do feijão com as chuvas observadas e o número de municípios presentes em *clusters* espaciais cearenses entre os anos de 2008 a 2016, é possível afirmar que, em 2008, um total de 76 municípios apresentaram significância estatística revelando, assim, uma associação espacial local com as chuvas registradas nos municípios vizinhos.

Esse número passou para 90 municípios em 2009, revelando um aumento no número de municípios apresentando dependência espacial local da produtividade do feijão em relação as chuvas observadas nos municípios vizinhos. Em 2010, o número de municípios que apresentaram dependência espacial com as chuvas caiu para 62 municípios. Em 2011, aumentou para 67 municípios, 2012 caiu para 65 municípios, 2013 caiu para 48 municípios, em 2014, cresceu para 57 municípios e em 2015 cresceu ainda mais para 71 municípios. Em 2016, apesar da estatística do *I* de Moran ter sido insignificante do ponto de vista global, o número de municípios que apresentaram dependência espacial local com as chuvas foi de 62 municípios.

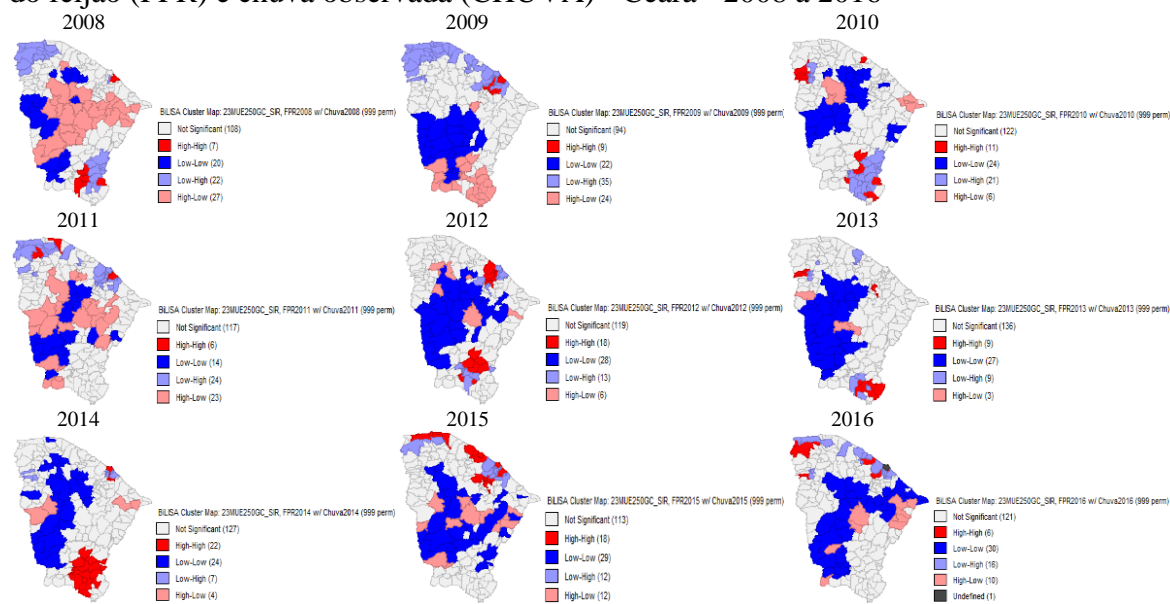
Na Figura 3 abaixo é possível observar os tipos de associação linear local da produtividade agrícola do feijão com as chuvas observadas nos municípios vizinhos para os anos de 2008 a 2016. Através dela é possível identificar a presença de quatro tipos de *clusters* espaciais: Alto-Alto (AA); Baixo-Baixo (BB); Baixo-Alto (BA) e Alto-Baixo (AB).

Gráfico 2 - Relação entre a estatística do *I* de Moran local bivariado da produtividade agrícola do feijão com as chuvas observadas 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.

Figura 3 - Mapa de *cluster* LISA do *I* de Moran local bivariado para a produtividade agrícola do feijão (FPR) e chuva observada (CHUVA) - Ceará - 2008 a 2016



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

A seguir segue a descrição dos tipos e a localização da dependência espacial local da produtividade agrícola do feijão com a média das chuvas observadas nos municípios vizinhos por regiões de planejamento e municípios cearenses para cada ano em análise.

Pela análise da Figura 3 é possível observar que o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada foi de setenta e seis municípios no ano de 2008. O principal padrão de dependência espacial local com esta variável encontrado foi do tipo Alto-Baixo com 27 municípios, seguido pelo Baixo-Alto com 22 municípios, Baixo-Baixo com 20 municípios e em menor número Alto-Alto com apenas 7 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por vinte e sete municípios localizados em oito regiões de planejamento: Sertão Central com dez municípios (Banabuiú, Choró, Ibaretama, Ibicuitinga, Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu); Sertão dos Crateús (Catunda, Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria e Tamboril) e Vale do Jaguaribe (Limoeiro do Norte, Morada Nova, Russas e Tabuleiro do Norte) com quatro municípios cada e Sertão de Canindé (Boa Viagem, Canindé e Madalena) e Sertão dos Inhamuns (Arneiroz, Parambu e Tauá) com três municípios cada região e Litoral Leste (Jaguaruana); Litoral Oeste/Vale do Curu (Miraíma) e Maciço de Baturité (Ocara) com um município apenas.

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por vinte e dois municípios presentes em seis regiões: Litoral Norte com nove municípios (Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Chaval, Granja, Jijoca de Jericoacoara, Marco, Martinópolis e Uruoca); Centro Sul com cinco municípios (Baixio, Cedro, Icó, Ipaumirim e Umari); Cariri com quatro municípios (Aurora, Lavras da Mangabeira, Milagres e Missão Velha); Serra da Ibiapaba com dois municípios (Tiangú e Viçosa do Ceará) e Grande Fortaleza (Itaitinga) e Sertão Cental (Senador Pompeu) com apenas um município.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte municípios localizados em sete regiões de planejamento: Sertão dos Crateús com sete municípios (Ararendá, Crateús, Independência, Ipaoranga, Ipueiras, Nova Russas e Poranga); Litoral Oeste/Vale do Curu com cinco municípios (Apuiarés, General Sampaio, Irauçuba, Itapajé e Tejuçuoca); Cariri com três municípios (Antonina do Norte, Campos Sales e Potengi); Centro Sul com dois municípios (Catarina e Saboeiro) e Sertão do Canindé (Itatira); Sertão do Sobral (Forquilha) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba) com um município cada.

Por fim e em menor número, os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por apenas sete municípios presentes em duas regiões de planejamento: Cariri com seis municípios (Barro, Caririaçu, Crato, Granjeiro, Juazeiro do Norte e Várzea Alegre) e Grande Fortaleza (Aquiraz).

Em 2009, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada aumentou para noventa municípios. O principal padrão de dependência espacial local com esta variável foi do tipo Baixo-Alto com 35 municípios, seguido pelo Alto-Baixo com 24 municípios, Baixo-Baixo com 22 municípios e em menor número Alto-Alto com apenas 9 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por trinta e cinco municípios localizados em sete regiões de planejamento: Grande Fortaleza (Cascavel, Caucaia, Fortaleza, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Paraipaba, Pindoretama, São Gonçalo do Amarante e Trairi) e Litoral Norte (Acarauá, Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Chaval, Cruz, Granja, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Marco, Martinópolis e Uruoca) com doze municípios cada; Litoral Oeste/Vale do Curu (Amontada, Tururu e Umirim); Serra da Ibiapaba (Ibiapina, Tianguá e Viçosa do Ceará) e Sertão de Sobral (Mucambo, Pacujá e Sanador Sá) com três municípios cada região; Maciço de Baturité com dois municípios (Acarape e Palmácia) e por último, Sertão do Canindé com apenas um município (Caridade).

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por vinte e quatro municípios presentes em quatro regiões: Cariri com dezenove municípios (Abaiara, Araripe, Aurora, Barbalha, Barro, Brejo Santo, Campos Sales, Caririaçu, Farias Brito, Jardim, Jati, Lavras da Mangabeira, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Penaforte, Porteiras, Salitre e Santana do Cariri); Centro Sul com três municípios (Cariús, Iguatu e Jucás); Sertão Central (Choró) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba) com um município.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte e dois municípios localizados em seis regiões: Sertão Central com seis municípios (Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixeramobim, Senador Pompeu, Solonópolis); Cariri com cinco municípios (Altaneira, Antonina do Norte, Assaré, Potengi e Tarrafas); Sertão dos Inhamuns com quatro municípios (Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá); Centro Sul (Acopiara, Catarina e Saboeiro) e Sertão dos Crateús (Crateús, Independência e Novo Oriente) com três municípios cada e Sertão de Canindé com somente um (Boa Viagem).

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por nove municípios localizados em duas regiões de planejamento: Grande Fortaleza com seis municípios (Aquiraz, Chorozinho,

Eusébio, Guaiúba, Pacatuba e Pindoretama) e Maciço de Baturité formado por três municípios (Barreira, Pacoti e Redenção).

Ainda pela Figura 3 é possível notar que em 2010, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada caiu para sessenta e dois municípios. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Baixo com 24 municípios, seguido pelo Baixo-Alto com 21 municípios, Alto-Alto com 11 municípios e em menor número Alto-Baixo com apenas 6 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte e quatro municípios localizados em nove regiões do estado do Ceará: Litoral Oeste/Vale do Curu com seis municípios (Apuiarés, General Sampaio, Irauçuba, Itapajé, Pentecoste e Tejuçuoca); Sertão dos Crateús com cinco municípios (Crateús, Independência, Monsenhor Tabosa, Novo Oriente e Tamboril); Sertão do Canindé com quatro municípios (Boa Viagem, Canindé, Itatira e Paramoti); Sertão Central (Choró e Pedra Branca); Sertão de Sobral (Forquilha e Groaíras) e Vale do Jaguaribe (Alto Santo e Iracema) com dois municípios cada e Grande Fortaleza (Pacajus); Maciço de Baturité (Acarape) e Sertão dos Inhamuns (Quiterianópolis) com um apenas.

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por vinte e um municípios presentes em três regiões do Estado: Cariri com doze municípios (Abaiara, Aurora, Barbalha, Caririáçu, Crato, Farias Brito, Granjeiro, Jardim, Juazeiro do Norte, Lavras da Mangabeira, Milagres e Missão Velha); Centro Sul com cinco municípios (Baixio, Cedro, Icó, Ipaumirim e Umari) e Sertão de Sobral com quatro municípios (Coreaú, Graça, Mucambo e Pacujá).

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por onze municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Cariri formado por cinco municípios (Barro, Brejo Santo, Nova Olinda, Porteiras e Várzea Alegre); Serra da Ibiapaba com quatro municípios (Ibiapina, São Benedito, Tianguá e Ubajara); Centro Sul (Iguatu) e Grande Fortaleza (Paraipaba) com um município apenas.

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por apenas seis municípios localizados em três regiões: Litoral Leste com três municípios (Aracati, Itaiçaba e Jaguaruana); Sertão dos Crateús com dois municípios (Catunda e Santa Quitéria) e Vale do Jaguaribe com um apenas (Palhano).

Conforme Figura 3, é possível afirmar que em 2011, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada aumentou para sessenta e sete municípios. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Alto com 24 municípios, seguido pelo Alto-Baixo com 23 municípios, Baixo-Baixo com 14 municípios e em menor número Alto-Alto com apenas 6 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por vinte e quatro municípios localizados em seis regiões de planejamento: Grande Fortaleza com dez municípios (Cascavel, Caucaia, Chorozinho, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba e Pindoretama); Litoral Norte com seis municípios (Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Chaval, Granja e Marco); Maciço de Baturité com três municípios (Pacoti, Palmácia e Redenção); Litoral Oeste/Vale do Curu (Amontada e Tururu) e Sertão de Sobral (Mucambo e Senador Sá) com dois municípios e Serra de Ibiapaba (Tianguá).

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por vinte e três municípios localizados em sete regiões do Ceará: Sertão dos Crateús com seis municípios (Crateús, Independência, Monsenhor Tabosa, Novo Oriente, Santa Quitéria e Tamboril); Sertão Central com cinco municípios (Banabuiú, Choró, Pedra Branca, Quixadá e Quixeramobim); Cariri com quatro municípios (Antonina do Norte, Araripe, Potengi e Salitre); Litoral Oeste/Vale do Curu (Apuiarés, General Sampaio e Tejuçuoca) e Vale do Jaguaribe

(Jaguaretama, Jaguaribe e Morada Nova) com três municípios cada e Sertão de Sobral (Forquilha) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba) com um município cada.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por catorze municípios localizados em seis regiões cearenses: Sertão de Canindé (Boa Viagem, Canindé, Itatira e Madalena) e Sertão dos Inhamuns (Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá) com quatro municípios cada; Centro Sul (Catarina e Saboeiro) e Sertão Central (Mombaça e Solonópole) com dois cada e Cariri (Campos Sales) e Vale do Jaguaribe (Iracema) com somente um município cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por seis municípios localizados em duas regiões de planejamento: Grande Fortaleza (Aquiraz, Eusébio e Itaitinga) e Litoral Norte (Acaraú, Martinópolis e Uruoca) cada uma com três municípios.

Em 2012, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada caiu para sessenta e cinco municípios. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Baixo com 28 municípios, seguido pelo Alto-Alto com 18 municípios, Baixo-Alto com 13 municípios e em menor número Alto-Baixo com apenas 6 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte e oito municípios localizados em sete regiões de planejamento: Sertão dos Crateús com nove municípios (Catunda, Crateús, Independência, Ipaporanga, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Santa Quitéria e Tamboril); Sertão Central com sete municípios (Banabuiú, Choró, Deputado Irapuan Pinheiro, Milhã, Mombaça, Pedra Branca e Quixadá); Sertão de Canindé (Boa Viagem, Canindé, Itatira e Madalena) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba, Parambu, Quiterianópolis e Tauá) com quatro municípios cada; Litoral Oeste/Vale do Curu com dois municípios (Apuiarés e Tejuçuoca) e Sertão de Sobral (Forquilha) e Vale do Jaguaribe (Morada Nova) com um município em cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por dezoito municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Cariri com seis municípios (Altaneira, Granjeiro, Juazeiro do Norte, Lavras da Mangabeira, Nova Olinda e Várzea Alegre); Grande Fortaleza com cinco municípios (Caucaia, Guaiúba, Maracanaú, Maranguape e Pacatuba); Maciço de Baturité com quatro municípios (Guaramiranga, Pacoti, Palmácia e Redenção) e Centro Sul com três municípios (Cariús, Cedro e Iguatu).

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por treze municípios localizados em cinco regiões: Grande Fortaleza com seis municípios (Aquiraz, Eusébio, Fortaleza, Horizonte, Itaitinga e Pindoretama); Cariri com quatro municípios (Caririaçu, Crato, Farias Brito e Tarrafas); Centro Sul (Ipaumirim); Maciço de Baturité (Baturité) e Sertão de Canindé (Caridade) com um município em cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por seis municípios localizados em cinco regiões de planejamento: Sertão de Sobral com dois municípios (Groaíras e Sobral); Litoral Oeste/Vale do Curu (General Sampaio); Sertão Central (Quixeramobim); Sertão dos Crateús (Hidrolândia) e Vale do Jaguaribe (Limoeiro do Norte) com um município cada.

Novamente pela Figura 3, tem-se que em 2013, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada caiu para quarenta e oito municípios. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Baixo com 27 municípios, seguido pelo Alto-Alto com 9 municípios, Baixo-Alto com 9 municípios e em menor número Alto-Baixo com apenas 3 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte e sete municípios localizados em oito regiões cearenses: Sertão dos Crateús com dez municípios (Ararendá, Catunda, Crateús, Independência, Ipaporanga, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Santa Quitéria e Tamboril); Sertão dos Inhamuns com cinco municípios (Aiuaba,

Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá); Sertão de Canindé com quatro municípios (Boa Viagem, Canindé, Itatira e Madalena); Centro Sul com três municípios (Acopiara, Catarina e Saboiro); Cariri com dois municípios (Antonina do Norte e Campos Sales); Litoral Oeste/Vale do Curu (General Sampaio); Sertão Central (Mombaça) e Sertão de Sobral (Groaíras) com um município cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por nove municípios localizados em três regiões do estado do Ceará: Cariri com seis municípios (Barbalha, Brejo Santo, Juazeiro do Norte, Mauriti, Milagres e Missão Velha); Serra da Ibiapaba com dois municípios (Ibiapina e Ubajara) e Maciço de Baturité com um município (Baturité).

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por nove municípios presentes em quatro regiões de planejamento: Cariri com quatro municípios (Abaiara, Cariri, Crato e Jardim); Sertão de Sobral com três municípios (Alcântaras, Graça e Mucambo); Grande Fortaleza (Trairi) e Litoral Oeste/Vale do Curu (Tururu) com um município em cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por três municípios localizados em duas regiões cearenses: Sertão Central com dois municípios (Pedra Branca e Senador Pompeu) e Sertão dos Crateús (Ipueiras).

Ainda de acordo com a Figura 3, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada aumentou para cinquenta e sete municípios no ano de 2014. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Baixo com 24 municípios, seguido pelo Alto-Alto com 22 municípios, Baixo-Alto com 7 municípios e em menor número Alto-Baixo com apenas 4 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte e quatro municípios localizados em oito regiões: Sertão dos Crateús (Catunda, Independência, Ipueiras, Monsenhor Tabosa e Santa Quitéria) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba, Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá) com cinco municípios cada um; Litoral Oeste/Vale do Curu (Apuaiarés, General Sampaio e Tejuçuoca); Sertão do Canindé (Boa Viagem, Canindé e Paramoti) e Sertão de Sobral (Meruoca, Santana do Acaraú e Sobral) cada um com três municípios; Cariri (Antonina do Norte e Missão Velha) e Sertão Central (Choró e Pedra Branca) com dois municípios e Litoral Norte (Cruz) com um município.

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por vinte e dois municípios localizados em três regiões de planejamento do estado do Ceará: Cariri com catorze municípios (Altaneira, Aurora, Barbalha, Cariri, Crato, Farias Brito, Granjeiro, Jardim, Juazeiro do Norte, Lavras da Mangabeira, Milagres, Missão Velha, Nova Olinda e Várzea Alegre); Centro Sul com cinco municípios (Cariús, Cedro, Iguatu, Ipaumirim e Umari) e Grande Fortaleza com três municípios (Fortaleza, Horizonte e Itaitinga).

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por sete municípios presentes em três regiões de planejamento: Grande Fortaleza com quatro municípios (Aquiraz, Eusébio, Maracanaú e Pacatuba); Serra de Ibiapaba com dois municípios (São Benedito e Ubajara) e Sertão de Sobral com um município (Graça).

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por quatro municípios localizados em três regiões: Sertão dos Crateús com dois municípios (Crateús e Tamboril) e Litoral Leste (Jaguaruana) e Vale do Jaguaribe (Russas) com um município cada.

Em 2015, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada aumentou ainda mais para setenta e um municípios. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Baixo com 29 municípios, seguido pelo Alto-Alto com 18 municípios, Baixo-Alto com 12 municípios e Alto-Baixo com 12 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por vinte e nove municípios localizados em dez regiões de planejamento do estado do Ceará: Centro Sul (Acopiara,

Baixio, Catarina, Icó e Saboeiro) e Sertão Central (Choró, Deputado Irapuan Pinheiro, Mombaça, Senador Pompeu e Solonópole) com cinco municípios cada; Sertão dos Crateus (Catunda, Independência, Monsenhor Tabosa e Santa Quitéria); Sertão dos Inhamuns (Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá) e Vale do Jaguaribe (Iracema, Jaguaratama, Morada Nova e Tabuleiro do Norte) com quatro municípios cada; Sertão de Canindé (Boa Viagem e Itatira) e Sertão de Sobral (Cariré e Groaíras) com dois municípios cada e Cariri (Lavras da Magabeira); Grande Fortaleza (Fortaleza) e Litoral Leste (Itaiçaba) com um município cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por dezoito municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Grande Fortaleza com sete municípios (Aquiraz, Fortaleza, Horizonte, Paracuru, Paraipaba, São Gonçalo do Amarante e Trairi); Maciço de Baturité com seis municípios (Acarape, Baturité, Guaramiranga, Pacoti, Palmácia e Redenção); Litoral Norte com quatro municípios (Acaraú, Camocim, Cruz e Jijoca de Jericoacoara) e Sertão de Canindé com um município (Caridade).

Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por doze municípios localizados em duas regiões de planejamento: Grande Fortaleza com dez municípios (Cascavel, Caucaia, Eusébio, Guaiúba, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e Pindoretama) e Litoral Norte com dois municípios (Bela Cruz e Granja).

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por doze municípios presentes em seis regiões: Vale do Jaguaribe com quatro municípios (Alto Santo, Jaguaribara, Limoeiro do Norte e São João do Jaguaribe); Sertão Central com três municípios (Banabuiú, Pedra Branca e Quixeramobim); Sertão dos Crateús com dois municípios (Novo Oriente e Tamboril) e Cariri (Antonina do Norte); Sertão de Canindé (Madalena) e Sertão dos Inhamuns (Aiuaba) com um município cada.

Vale destacar que em 2016, o número de municípios formando *clusters* espaciais da produtividade do feijão e a variável chuva observada caiu para sessenta e dois municípios. O principal padrão de dependência espacial local encontrado foi do tipo Baixo-Baixo com 30 municípios, seguido pelo Baixo-Alto com 16 municípios, Alto-Baixo com 10 municípios e em menor número Alto-Alto com apenas 6 municípios.

Os *clusters* espaciais do tipo BB são compostos por trinta municípios presentes em nove regiões de planejamento: Cariri (Altaneira, Antonina do Norte, Assaré, Campos Sales, Potengi e Tarrafas) e Sertão Central (Choró, Ibaretama, Ibicuitinga, Mombaça, Pedra Branca e Quixadá) cada um com seis municípios; Litoral Norte (Aracati, Beberibe, Icapuí e Itaiçaba) e Sertão de Canindé (Boa Viagem, Canindé, Itatira e Madalena) com quatro municípios cada um; Sertão dos Inhamuns com três municípios (Aiuaba, Parambu e Tauá); Centro Sul (Catarina e Saboeiro); Sertão dos Crateus (Independência e Santa Quitéria) e Vale do Jaguaribe (Morada Nova e Palhano) cada um com dois municípios e Maciço de Baturité com um município (Ocara).

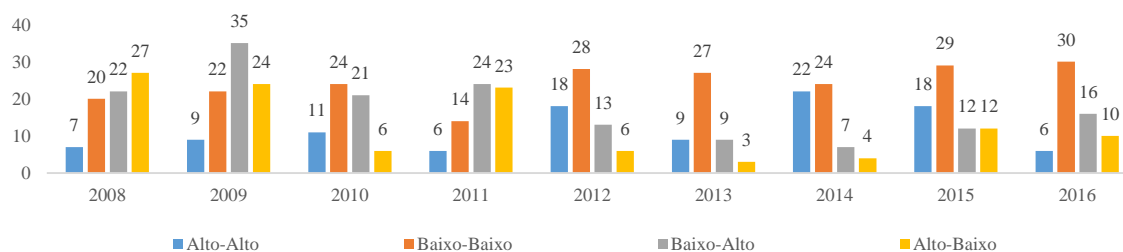
Os *clusters* espaciais do tipo BA são compostos por dezesseis municípios localizados em quatro regiões de planejamento: Grande Fortaleza com dez municípios (Aquiraz, Caucaia, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Pacatuba, Paracuru, Paraipaba, São Luís do Curu e Trairi); Litoral Norte com três municípios (Barroquinha, Bela Cruz e Camocim); Sertão de Sobral com dois municípios (Graça e Mucambo) e Litoral Oeste/Vale do Curu com somente um município (Amontada).

Os *clusters* espaciais do tipo AB são compostos por dez municípios localizados em cinco regiões: Vale do Jaguaribe com cinco municípios (Alto Santo, Limoeiro do Norte, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte); Sertão Central com dois municípios (Quixeramobim e Senador Pompeu); Cariri (Salitre); Litoral Leste (Jaguaruana) e Sertão dos Inhamuns (Arneiroz) com um município cada.

Os *clusters* espaciais do tipo AA são compostos por seis municípios localizados em três regiões: Grande Fortaleza com três municípios (Eusébio, Maranguape e São Gonçalo do Amarante); Litoral Norte com dois municípios (Chaval e Granja) e Serra da Ibiapaba com apenas um município (São Benedito).

O Gráfico 3 a seguir apresenta a evolução do número de municípios pertencentes a cada um dos tipos de *clusters* espaciais da produtividade agrícola do feijão com relação a chuva observada cearense entre os anos de 2008 a 2016. Pela análise do referido gráfico é possível notar mudanças na distribuição dos tipos de *clusters* espaciais ao longo da série analisada com preponderância para os tipos BA e AB em anos bons de chuvas e BB e AA em chuvas abaixo da média. Por fim, e mais importante, são as mudanças ocorridas nos padrões espaciais dentro do território do estado ao longo dos anos analisados.

Gráfico 3 - Evolução do número de municípios pertencentes a algum tipo de *cluster* espacial da produtividade agrícola do feijão bivariado com as chuvas observadas - Ceará - 2008 a 2016



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

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 bivariado da produtividade agrícola do feijão em relação as chuvas observadas entre os anos de 2008 e 2016. A partir dessa tabela é possível observar a dinâmica territorial de cada tipo de *cluster* espacial bivariado com as chuvas observadas identificado.

É possível observar que os *clusters* espaciais do tipo Alto-Alto, ou seja, municípios com alta produtividade de feijão circundados por municípios com elevado volume de chuvas observadas no mesmo ano, registraram também vários deslocamentos territoriais dentro do estado ao longo dos anos analisados. Percebe-se que um total de sete regiões de planejamento registrou a presença desse tipo de padrão espacial em algum dos anos analisados. Contudo, os *clusters* do tipo Alto-Alto concentraram-se principalmente nas regiões da Grande Fortaleza presente em oito dos nove anos analisados com uma quantidade expressiva de municípios, seguido pelas região do Cariri presente em cinco anos, com uma quantidade ainda mais expressiva de municípios e Maciço de Baturité presente em quatro anos com a terceira maior quantidade de municípios, revelando que nestas regiões estão presentes os municípios com os maiores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de municípios com elevado volume de chuvas.

Novamente pela análise da Tabela 2 é possível concluir que os *clusters* espaciais do tipo Baixo-Baixo, ou seja, municípios com baixa produtividade de feijão circundados por municípios com baixo volume de chuvas observadas no mesmo ano, 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.

Tabela 2 - Evolução da distribuição das quantidades de municípios por regiões de planejamento pertencentes aos quatro tipos de *clusters* espaciais bivariado da produtividade agrícola do feijão em relação as chuvas observadas (CHUVA) - Ceará - 2008 a 2016

Região de Planejamento	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ALTO-ALTO (AA)									
Cariiri	6		5		6	6	14		
Centro Sul			1		3		5		
Grande Fortaleza	1	6	1	3	5		3	7	3
Litoral Leste									
Litoral Norte				3				4	2
Litoral Oeste / Vale do Curu									
Maciço de Baturité		3			4	1		6	
Serra da Ibiapaba			4			2			1
Sertão Central									
Sertão de Canindé								1	
Sertão de Sobral									
Sertão dos Crateús									
Sertão dos Inhamuns									
Vale do Jaguaribe									
Total de Municípios	7	9	11	6	18	9	22	18	6
BAIXO-BAIXO (BB)									
Cariiri	3	5		1		2	2	1	6
Centro Sul	2	3		2		3		5	2
Grande Fortaleza			1					1	
Litoral Leste								1	4
Litoral Norte							1		
Litoral Oeste / Vale do Curu	5		6		2	1	3		
Maciço de Baturité			1						1
Serra da Ibiapaba									
Sertão Central		6	2	2	7	1	2	5	6
Sertão de Canindé	1	1	4	4	4	4	3	2	4
Sertão de Sobral	1		2		1	1	3	2	
Sertão dos Crateús	7	3	5		9	10	5	4	2
Sertão dos Inhamuns	1	4	1	4	4	5	5	4	3
Vale do Jaguaribe			2	1	1			4	2
Total de Municípios	20	22	24	14	28	27	24	29	30
BAIXO-ALTO (BA)									
Cariiri	4		12		4	4			
Centro Sul	5		5		1				
Grande Fortaleza	1	11		10	6	1	4	10	10
Litoral Leste									
Litoral Norte	9	12		6				2	3
Litoral Oeste / Vale do Curu		3		2		1			
Maciço de Baturité		2		3	1				1
Serra da Ibiapaba	2	3		1			2		
Sertão Central	1								
Sertão de Canindé		1			1				
Sertão de Sobral		3	4	2		3	1		2
Sertão dos Crateús									
Sertão dos Inhamuns									
Vale do Jaguaribe									
Total de Municípios	22	35	21	24	13	9	7	12	16
ALTO-BAIXO (AB)									
Cariiri		19		4				1	1
Centro Sul		3							
Grande Fortaleza									
Litoral Leste	1		3				1		1
Litoral Norte									
Litoral Oeste / Vale do Curu	1			3	1				
Maciço de Baturité	1								
Serra da Ibiapaba									
Sertão Central	10	1		5	1	2		3	2
Sertão de Canindé	3							1	
Sertão de Sobral				1	2				
Sertão dos Crateús	4		2	6	1	1	2	2	
Sertão dos Inhamuns	3	1		1				1	1
Vale do Jaguaribe	4		1	3	1		1	4	5
Total de Municípios	27	24	6	23	6	3	4	12	10
Total Geral	76	90	62	67	65	48	57	71	62

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

Por fim, também foi possível notar vários deslocamentos dos tipos de *clusters* espaciais dentro do território do estado do Ceará. Os *clusters* do tipo Alto-Alto concentraram-se principalmente nas regiões da Grande Fortaleza; Cariri e Maciço de Baturité, regiões que apresentam elevados níveis pluviométricos, revelando que nestas regiões estão presentes os municípios com os maiores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de municípios com elevado volume de chuvas.

Por outro lado, os *clusters* espaciais do tipo Baixo-Baixo também apresentaram vários deslocamentos territoriais presente em quantidade significativa de regiões de planejamento, num total de treze, revelando o padrão local preponderante no qual essa cultura é realizada, ou seja, regiões com poucas chuvas. Esse padrão espacial concentrou-se principalmente no Sertão dos Inhamuns, Sertão do Canindé, Sertão dos Crateús, Sertão Central, revelando que estas regiões mantêm os municípios com os menores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de município com os mais baixos volumes de chuvas.

Já os *clusters* do tipo Baixo-Alto, apresentaram também vários deslocamentos territoriais, estando presente em dez regiões de planejamento, concentrando-se principalmente nas regiões da Grande Fortaleza, Sertão de Sobral, Litoral Norte, Cariri, Serra de Ibiapaba e Litoral Oeste/Vale do Curu revelando nestas regiões que apesar da presença de elevadas chuvas anuais a produtividade ainda é baixa, ou seja, outros fatores devem estar interferindo no desempenho dessa cultura.

Por fim, os *clusters* do tipo Alto-Baixo, ou seja, municípios com alta produtividade de feijão circundados por municípios com baixo volume de chuvas observadas no mesmo ano, foram os que registraram também vários deslocamentos territoriais ao longo dos anos analisados tendo estado presente em dez das catorze regiões de planejamento. Os *clusters* do tipo Alto-Baixo concentraram-se principalmente nas regiões do Sertão Central, Vale do Jaguaribe e Sertão dos Crateús aparecendo em sete anos, com as maiores quantidades de municípios, seguido pelas regiões do Sertão dos Inhamuns presente em cinco anos e Cariri presente em quatro anos mas com quantidade expressiva de municípios, revelando que nestas regiões estão presentes os municípios com os maiores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de municípios com baixo volume de chuvas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela exposto pode-se concluir que existe um padrão de dependência global espacial entre a produtividade agrícola do feijão e as chuvas observadas para quase todos os anos analisados. Destaca-se o fato do sinal do coeficiente estimado mudar em alguns anos.

Nos anos de 2008, 2009 e 2011, anos considerados de chuvas acima da média histórica, o sinal do coeficiente estimado foi negativo, revelando que, no geral, municípios com elevada produtividade agrícola do feijão estavam rodeados por municípios com baixa precipitação pluviométrica e que municípios com baixa produtividade agrícola do feijão estavam cercados por municípios com elevada precipitação pluviométrica, como se a chuva registrada nos municípios vizinhos não fosse um fator importante para a explicar, pelo menos em parte, a produtividade dos municípios em análise, o que parece algo contraditório.

Uma possível explicação para esse fenômeno, é que em anos de boas chuvas, os agricultores decidem plantar uma área muito maior que em anos de seca visando uma maior produção o que pode fazer a produtividade não crescer na mesma intensidade do volume de chuvas. Uma outra possível explicação para este fenômeno é que o excesso de chuvas também pode prejudicar de alguma forma a colheita dessa cultura por encharcar o solo, em

função do escoamento superficial, havendo forte transbordamento de águas para o municípios vizinhos.

Todavia, em 2010, 2012, 2013, 2014 e 2015, anos com chuvas abaixo da média histórica, o sinal do coeficiente estimado ficou positivo, revelando no geral, que municípios com elevada produtividade agrícola do feijão estão rodeados por municípios com elevada precipitação pluviométrica e que municípios com baixa produtividade agrícola estão também cercados por municípios com baixa precipitação de chuvas. Esse fenômeno é o esperado dado que em anos de seca, o pouco que chove num dado município ajuda na umidificação da terra dos municípios vizinhos ampliando a produtividade dos últimos.

Na análise local bivariada foi possível detectar vários padrões de associação local conhecido como *clusters* espaciais. Observou-se várias mudanças na distribuição dos tipos de *clusters* espaciais ao longo da série analisada com preponderância para os tipos BA e AB em anos bons de chuvas e BB e AA em anos de chuvas abaixo da média. Por fim, e mais importante, são as mudanças ocorridas nos padrões espaciais dentro do território do estado ao longo dos anos analisados.

Os *clusters* do tipo Alto-Alto registraram vários deslocamentos territoriais dentro do estado ao longo dos anos analisados, concentrando-se principalmente nas regiões da Grande Fortaleza, Cariri e Maciço de Baturité, regiões com chuvas acima da média, revelando que nestas regiões estão presentes os municípios com os maiores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de municípios com elevado volume de chuvas.

Os *clusters* do tipo Baixo-Baixo concentraram-se principalmente nas regiões do Sertão dos Inhamuns e Sertão do Canindé presente em todos os anos tendo registrado a segunda e a terceira maior quantidade de municípios, seguido pelo Sertão dos Crateús e Sertão Central, presente em oito anos, registrando respectivamente, a maior e a segunda maior quantidade de municípios, vindo em seguida as regiões do Cariri presente em sete anos, Centro Sul e Sertão de Sobral presente em seis anos, revelando que estas regiões mantém os municípios com os menores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de município com baixos volumes de chuvas.

Já os *clusters* do tipo Baixo-Alto, ou seja, municípios com baixa produtividade de feijão circundados por municípios com alto volume de chuvas observadas no mesmo ano, revelaram também vários deslocamentos territoriais, presente em dez regiões de planejamento. Os *clusters* do tipo Baixo-Alto concentraram-se principalmente nas regiões da Grande Fortaleza aparecendo em oito anos, com a maior quantidade de municípios, seguido pelas regiões do Sertão de Sobral presente em seis anos, Litoral Norte presente em cinco anos e pelas regiões do Cariri, Serra de Ibiapaba e Litoral Oeste/Vale do Curu presente em quatro anos, revelando que nestas regiões estão presentes os municípios com os menores índices de produtividade agrícola do feijão cearense em torno de municípios com elevado volume de chuvas.

Por fim, os *clusters* do tipo Alto-Baixo, ou seja, municípios com alta produtividade de feijão circundados por municípios com baixo volume de chuvas observadas no mesmo ano registraram também vários deslocamentos territoriais ao longo dos anos analisados tendo estado presente em dez das catorze regiões de planejamento, revelando que apesar das limitações das chuvas estas regiões apresentam elevados índices de produtividade agrícola de feijão no estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eduardo. *Econometria espacial aplicada*. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.
- ANSELIN, L. *SpaceStat tutorial*. Mimeo., University of Illinois, 1992.
- ANSELIN, L. **Local indicators of spatial association – LISA**. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with Geoda™: a Workbook**. University of Illinois, Urbana-Champaign, 2005.
- CLIFF, A. D.; ORD, J. K. **Spatial processes: models and applications**. Pion, London. 1981.
- 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.
- FOTHERINGHAM, A. S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. John Wiley and Sons, West Sussex, 2002.
- FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acessado em: 25 de julho de 2018.
- 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. **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.
- PAIVA, W. L. **Desenvolvimento Regional Cearense**. Dissertação de Mestrado. UFC. Fortaleza - CE. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Economia Rural, 2010. 97p.
- 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, n° 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.

SUDENE. **RESOLUÇÃO N ° 107/2017.** Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf>>. Acessado em: 08 de agosto de 2018.

SUDENE. **RESOLUÇÃO N ° 115/2017.** Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario-DOU.pdf>>. Acessado em: 08 de agosto de 2018.

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.