

Convergência Absoluta da Produtividade Agropecuária das Microrregiões do Nordeste: Uma Análise Pautada em Regimes de Desempenho

LUZIA APARECIDA ANTUNES

Bacharela em Economia (UEPG) - Mestra em Economia Aplicada (PPGECO/UEPG) - Doutoranda em Economia Aplicada (PPGEA-ESALQ/USP).

✉ Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. Av. Pádua Dias, 11. Caixa Postal 9. Piracicaba, São Paulo, Brasil. CEP: 13418-900.

☎ +55 19 3429-4100.

@ luziantunes@usp.br.

ISABELA MENDES SILVA

Bacharela em Relações Internacionais (UFU) - Mestranda em Economia (PPGE/UFU).

✉ Universidade Federal de Uberlândia. Campus Santa Mônica. Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia e Relações Internacionais. Bloco J - Sala 1J218. Av. João Naves de Ávila, 2121. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. CEP: 38408-144.

☎ +55 34 3239-4315.

@ isabelasilva.ri@gmail.com.

RAPHAEL JOSÉ PEREIRA FREITAS

Bacharel em Economia (UEG) - Mestre em Economia (PPGE/UFU) - Doutorando em Economia (PPGECO/UnB)

✉ Universidade de Brasília. Campus Darcy Ribeiro. Programa de Pós-Graduação em Economia. Prédio da FACE. Asa Norte. Brasília, Distrito Federal, Brasil. CEP: 70910-900.

☎ +55 61 3107-0775 ou +55 61 3107-0757.

@ raphael.freitas@aluno.unb.br.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES.

XXVI ENCONTRO REGIONAL NORDESTE DE ECONOMIA
ÁREA 2 – ECONOMIA AGRÍCOLA
OUTUBRO DE 2021

Convergência Absoluta da Produtividade Agropecuária das Microrregiões do Nordeste: Uma Análise Pautada em Regimes de Desempenho

Resumo

Em 2017, o Brasil foi o segundo maior produtor rural de soja do mundo. No entanto, a produção brasileira concatena distintos níveis de produtividade entre as regiões. Partindo desse ponto, a caracterização da produtividade brasileira se torna de suma importância. E diante da idiosincrasia das regiões brasileiras, este trabalho se propõe a analisar a região do Nordeste brasileiro, em que apresenta mudanças bem significativas desde o começo de sua formação econômica. Mais especificamente, procura-se identificar se há convergência absoluta da produtividade agrícola da região entre 1995 e 2017. Para tal, será utilizada a Econometria Espacial e serão considerados regimes de desempenho. Os resultados sugerem que mesmo a região sendo considerada por parte da literatura como de baixa produtividade agropecuária, há discrepâncias entre suas próprias microrregiões.

Palavras-chave: Produtividade, Nordeste, Brasil, Econometria Espacial, Regimes de Desempenho.

Códigos JEL: C15, Q13, Q18, Q19.

Abstract

In 2017, Brazil was the second largest rural soybean producer in the world. However, Brazilian production concatenates different productivity levels among regions. Starting from this point, the characterization of Brazilian productivity becomes of paramount importance. And given the idiosyncrasies of the Brazilian regions, this paper proposes to analyze the Brazilian northeastern region, which has presented significant changes since the beginning of its economic formation. More specifically, it seeks to identify whether there is absolute convergence of agricultural productivity in the region from 1995 to 2017. For this, Spatial Econometrics will be used and performance regimes will be considered. The results suggest that even though the region is considered by part of the literature as having low agricultural and cattle ranching productivities, there are discrepancies among its own micro-regions.

Keywords: Productivity, Northeast, Brazil, Spatial Econometrics, Performance Regimes.

JEL Codes: C15, Q13, Q18, Q19.

1 Introdução

A agricultura é a atividade mais antiga da humanidade, e seu primeiro relato ocorreu entre 10 e 12 mil anos atrás. De fato, essa atividade existe ao longo da evolução humana. No início, ela fornecia apenas alimentos. Isso significa que a prática agrícola era basicamente para manter a sobrevivência, sem métodos técnicos. Ao longo do tempo, percebe-se que as técnicas utilizadas no campo foram atualizadas e as finalidades das produções agropecuárias se modificaram. Desse modo, a agropecuária já não era apenas fornecedora de alimentos para a população, mas representava também grande parcela da renda nacional. Adicionalmente, tornou-se importante consumidora da indústria, com a demanda de insumos como fertilizantes e agrotóxicos, além de máquinas e equipamentos para uso no campo. O resultado seria a contribuição para avanços tecnológicos no meio rural.

Assim, é notória a importância do setor agrícola para o desenvolvimento. Além disso, conforme o estágio de desenvolvimento alcançado por uma economia, menos essa se mostra apenas agrícola. A sugestão que se tem é que com o decorrer do tempo, a tendência de uma economia é se tornar mais urbana, com a existência da indústria e o fornecimento de serviços. No caso brasileiro, o país apresenta uma taxa positiva de crescimento da produtividade. Entretanto, quando se observa as regiões brasileiras de forma individualizada, percebe-se que esse crescimento não é homogêneo. Logo, as regiões apresentam disparidades entre suas produtividades. Em consonância, observa-se que há regiões em que a produtividade agropecuária é elevada, ao passo que em outras, os valores podem não ser tão significativos. Diversos fatores podem ser responsáveis por essa discrepância, tais como fatores ambientais e influências causadas pelas estruturas de cada localidade, além do volume de capitais físico e humano disponível.

Especialmente em relação aos fatores ambientais, o país detém diferentes tipos de solos, de climas e de temperaturas. Isso confere ao Brasil, diferenças nas produtividades. Como exemplo, pode-se citar a região do nordeste brasileiro, que embora tenha o desenvolvimento de muitas culturas, possui características edafoclimáticas desfavoráveis, o que confere à região, uma produtividade relativamente baixa. O resultado imediato é que a região apresenta baixos valores de produtividade e de taxa de crescimento da produtividade agropecuária. O bioma predominante na região é a Caatinga, e isso interfere diretamente na estrutura climática da região. O clima dominante é o semiárido, com temperatura anual em torno de 30° e precipitação média de 800 mm/ano. Esse cenário pode justificar o estresse hídrico da região. Nos solos arenosos da região são produzidos milho, feijão e mandioca. Já nos solos argilosos, se produz algodão. Destaca-se, porém, que a produtividade para essas culturas é muito pequena. Adicionalmente, o umbu é um fruto característico de localidades da Caatinga.

Feito este preâmbulo, o objetivo deste trabalho é verificar a importância da agropecuária para a região Nordeste. Mais especificamente, a pergunta que se faz é: há convergência absoluta da produtividade agropecuária para as microrregiões do Nordeste entre os anos de 1995 e 2017? Para tal, será utilizada a Econometria Espacial e regimes espaciais divididos por desempenho agropecuário no período. Com a convergência, pode-se observar se as diferenças do valor de uma variável em distintas localidades tendem a diminuir com o decorrer do tempo. Isso significaria que seu valor tenderia a se aproximar de uma média. Além disso, a convergência pode ser dividida em: i) convergência absoluta; e ii) convergência condicional. A primeira explica o crescimento da variável analisada apenas em função do seu valor inicial. Já a segunda se apoia no valor do primeiro período, com a adição de variáveis que podem influenciar no nível de crescimento. Esse trabalho abordará apenas a convergência absoluta da produtividade agropecuária.

Os resultados da presente pesquisa mostram que as microrregiões nordestinas com me-

lhores taxas de crescimento da produtividade agropecuária se tornam homogêneas com o decorrer dos anos. Isso significa que há um processo de convergências nessas localidades. No entanto, quando se observa as microrregiões com piores taxas de crescimento, não se percebe essa homogeneização. Além disso, um grupo de microrregiões não tem influência sobre o outro, além da convergência absoluta total do Nordeste não poder ser assegurada.

Além desta Introdução, este trabalho conta com mais 4 seções. A segunda seção trata da literatura. A terceira e quarta seções abarcam a metodologia e os resultados, respectivamente. Por fim, a quinta seção mostra as considerações finais.

2 A Literatura

A partir da década de 1960, o Brasil passou por um intenso processo de modernização do setor agrícola, com relevante crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF). Esse processo se intensificou durante o período de 2000 a 2012. Apesar desse relevante crescimento, o processo se caracterizou de maneira heterogênea entre as regiões do país. Como exemplo, destaca-se o Nordeste, que não acompanhou a dinâmica observada nas demais regiões e tornou-se uma das regiões com menor dinamismo no setor agrícola, devido a questões como prevalência de produtores que utilizam técnicas obsoletas e de baixa produtividade. É importante notar que o setor agrícola não se comporta de maneira homogênea dentro do Nordeste, agricultores no semiárido deparam-se com condições geográficas, culturais, históricas e institucionais distintas das condições que as demais regiões do Nordeste brasileiro se encontram (VICENTE, 2004; BARATA et al., 2010; VIEIRA FILHO, 2013).

A literatura acerca da produtividade agrícola abarca estudos sobre a produtividade total ou parcial dos fatores, que buscam observar como a agricultura desempenha seu papel, com a mensuração dos fatores que repercutem na produtividade; e trabalhos que analisam o seu processo de convergência, com a investigação da tendência das produções agrícolas com o decorrer dos anos em diminuir as diferenças de produtividade entre as regiões de forma a homogeneizar as quantidades produzidas. Posto o objetivo da presente pesquisa de verificar o processo de convergência da produtividade, esta seção concentra-se na bibliografia que relata estudos nacionais e internacionais sobre o processo de convergência.

A convergência é um processo, que ao longo do tempo, reverbera na diminuição ou fim das diferenças de uma variável que apresenta valores diferentes inicialmente. Nesse sentido, a literatura convencional descreve dois tipos de convergência: absoluta (incondicional) e condicional. A convergência absoluta testa se a PTF converge para um valor estacionário, independente de outros fatores dentro de um determinado país. A convergência condicional permite que cada país tenha a PTF em níveis diferentes para o qual se está convergindo (MILLER; UPADHYAY, 2002).

Baumol (1986) descreve algumas implicações dos dados de Maddison, Estados Unidos, de 1970 a 1979, sobre a produtividade e variáveis relacionadas. Os dados mostraram um crescimento sem precedentes da produtividade, do PIB per capita e das exportações, além da notável convergência das produtividades das economias de mercado industrializadas. Além disso, os dados do pós-guerra sugerem que a convergência se estende também às economias intermediárias e planejadas centralmente, de forma que somente os países mais pobres e menos desenvolvidos não mostraram tal tendência. Por fim, o autor aponta para a importância do longo prazo, de forma que não seria sensato os *policy makers* tentarem discernir tendências de longo prazo e seus resultados a partir do fluxo de desenvolvimentos de curto prazo.

Ball, Hallahan e Nehring (2004) estudam se houve uma tendência de convergência para níveis de PTF na agricultura nos Estados Unidos desde 1960 e se essa convergência pode ser

explicada por diferenças nas taxas de crescimento das intensidades dos fatores ou pelo *catch up* da produtividade. Os autores estimaram o crescimento e os níveis relativos de produtividade agrícola para os 48 estados contíguos no período 1960-1999, e observaram uma relação positiva e estatisticamente significativa entre o crescimento da produtividade e o crescimento da razão capital-trabalho. Isso implica a incorporação da tecnologia no capital.

Galanopoulos et al. (2006) mensuram a produtividade agrícola para um conjunto de países do Mediterrâneo, Oriente Médio, norte da África e União Europeia; de 1961 a 2002, para analisar o crescimento da produtividade agrícola nos países mediterrânicos e investigar se o Índice de Produtividade do Fator Total de Malmquist está convergindo entre os países. Como resultado, os autores não encontram evidências de convergência incondicional, mas identificam quatro países convergindo para a média e outros dois divergindo.

Qu et al. (2017) analisam e comparam os efeitos da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) agrícola no crescimento total da produtividade do fator agrícola no período de 1986 a 2011 para 29 províncias chinesas. Como resultado, os autores encontraram fortes evidências de convergência no crescimento da produtividade total, além de correlação positiva entre o crescimento e o investimento público. Isso indica que a diferença de produtividade entre as regiões da China diminuiu e que a produtividade agrícola é convergente em todas as províncias da China. Além disso, os autores defendem que a P&D é estatística e economicamente mais importante no *catch up* tecnológico do que na inovação. Além disso, há a sugestão que o capital humano também desempenha um papel importante no crescimento da produtividade.

Almeida, Ferreira e Perobelli (2008) analisam se há convergência espacial da produtividade agrícola para as microrregiões brasileiras, no período de 1991 a 2003. Como resultado, os autores detectaram a presença de autocorrelação espacial para a produtividade da terra e de evidências sobre a evolução da produtividade agrícola, aplicando-se uma análise do grau de convergência. O estudo sugere que a produtividade agrícola brasileira estava convergindo para a média a uma taxa muito lenta. Isso evidencia que essa disparidade associada à lentidão colabora para o aumento de disparidades regionais.

Carmo et al. (2016) analisaram a evolução da produtividade da agropecuária nas microrregiões do Sul do Brasil a fim de identificar a existência de um processo de convergência a partir da mensuração da produtividade agropecuária em 1995-1996 e em 2006. O estudo confirmou a hipótese de que a distribuição espacial da produtividade da terra não é aleatória. Isso significa dizer que há correlação positiva nos dados, o que corrobora que microrregiões com elevada produtividade são rodeadas por microrregiões com alta produtividade (agrupamentos locais). Além disso, os resultados da estimação confirmaram a hipótese de convergência absoluta e condicional da produtividade da agropecuária para a região. Em suma, além da literatura internacional, existem diversos estudos que analisaram a convergência da produtividade do setor agropecuário no Brasil. Nesse sentido, adicionalmente, merecem destaque os trabalhos de Phillips e Sul (2007), Fochezatto e Stülp (2008), Castelar et al. (2009), Almeida e Barreto (2009) e Linhares e Penna (2013).

Destarte a literatura apresentada, existe ainda uma lacuna na literatura brasileira referente à utilização de modelos econométricos que controlem a dependência espacial e heterogeneidade espacial no intuito de testar a hipótese da convergência da produtividade agrícola para o Nordeste. Nesse contexto, a presente pesquisa tem como finalidade suprimir esta lacuna. Destaca-se, adicionalmente, que o território se divide em quatro sub-regiões naturais: i) meio-norte; ii) sertão; iii) agreste; e iv) zona da mata. É importante salientar também que a maior parte do espaço da região, cerca de 65%, se encontra no semiárido brasileiro. Ademais, dentre as idiosincrasias predominantes no meio rural nordestino, podem ser destacadas: i) a pluviosidade baixa e irregular, em que há ocorrência comum de secas; ii) as altas temperaturas

associadas às altas taxas de evapotranspiração; iii) os solos com pouca permeabilidade e mais sujeitos à erosão; e iv) a predominância da vegetação da Caatinga (ANDRADE, 2005; GOMES, 2001).

3 A Metodologia e os Dados

Novamente, a agropecuária é um setor de suma importância para a economia brasileira. Essa relação entre agropecuária e Brasil se torna ainda mais evidente quando observa-se a região do Nordeste do Brasil. É notória a predominância de propriedades consideradas da agricultura familiar, em que há emprego de mais de 80% da mão de obra rural da região nordestina. Além disso, a região conta com uma área de mais de 1,5 milhões de km² e mais de 57 milhões de habitantes. A região engloba nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe (IBGE, 1995, 2017, 2018, 2020).

Em 1995, a produtividade da agropecuária nordestina era de aproximadamente R\$ 140 milhões, ao passo que em 2017, era de aproximadamente R\$ 262 milhões. De fato, houve uma variação significativa da produtividade do setor da região. No entanto, das 188 microrregiões encontradas na região do Nordeste brasileiro, 97 microrregiões apresentaram taxas de variação negativas. As microrregiões que apresentaram as menores taxas de variação da produtividade da agropecuária foram: i) Meruoca; ii) Aracaju; e iii) São Raimundo Nonato. Já as microrregiões que apresentaram as maiores taxas de variação da produtividade da agropecuária foram: i) Macau; ii) Baixo Curu; e iii) Santo Antônio de Jesus (IBGE, 1995, 2017).

Desse modo, é de suma importância identificar a magnitude da relação espacial da produtividade agropecuária da região, e adicionalmente, analisar os resultados obtidos. Em consonância, esse processo será realizado nos próximos passos.

3.1 Análise Exploratória de Dados Espaciais

Para verificar se existe algum tipo de relação espacial entre a produtividade agropecuária das microrregiões nordestinas, é necessária uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Essa consiste em observar se existe certo grau de dependência espacial da produtividade agropecuária entre as microrregiões. Isso significaria algum nível de transbordamento na produtividade entre as microrregiões nordestinas. A hipótese a ser testada pela AEDE é se os dados espaciais possuem uma distribuição aleatória. Nesse caso, os valores de uma variável em uma região não dependeriam dos valores dessa variável em regiões vizinhas (ALMEIDA, 2012; CARMO et al., 2016).

Almeida (2012) argumenta que para se identificar a presença de autocorrelação espacial, realiza-se o cálculo do I de Moran Global e Local, que é expresso pela Equação 1:

$$I = \frac{n}{s_0} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

em que n é o número de microrregiões, Z denota os valores da variável de interesse padronizada, W_z é o valor médio da variável de interesse padronizada nos vizinhos - definidos através de uma matriz de ponderação espacial W e s_0 é igual à operação $\sum \sum W_{ij}$ - o que significa que todos os elementos da matriz de pesos devem ser somados. O valor esperado do I de Moran é de $-[1/(n-1)]$. Esse valor é obtido caso não exista a presença de padrão espacial nos dados. Quando os valores obtidos são maiores do que o valor esperado constata-se a presença de autocorrelação espacial positiva e quando os valores obtidos são menores do que o esperado há uma autocorrelação espacial negativa.

O I de Moran Local estima um valor do I de Moran para cada microrregião. Ele tem a capacidade de capturar padrões locais de autocorrelação espacial que sejam significativos e é chamado de *Local Indicator of Spatial Association* (LISA). Além disso, ele pode ser expresso pela Equação 2:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^j W_{ij} z_j \quad (2)$$

em que z_i é o valor padronizado da i -ésima microrregião, z_j é o valor padronizado da j -ésima microrregião e $W_{ij} z_j$ são os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos - que segue uma determinada matriz de ponderação.

Como resultado, tem-se quatro quadrantes, em que seus valores são classificados como: i) alto-alto (AA); ii) alto-baixo (AB); iii) baixo-alto; e iv) baixo-baixo. Os resultados do tipo AA (ou baixo-baixo) indicam que uma microrregião com uma elevada produtividade agropecuária (ou baixa produtividade) está rodeada por microrregiões com produtividades agropecuárias também elevadas (ou produtividades também baixas); ao passo que um *cluster* espacial do tipo AB (ou baixo-alto) indica que uma microrregião com uma elevada produtividade agropecuária (ou baixa produtividade) está rodeada por microrregiões com baixa produtividade agropecuária (ou elevada produtividade) (ALMEIDA, 2012).

3.2 Modelo Empírico e Variáveis

A hipótese de convergência da produtividade agropecuária é testada com base no modelo proposto por Barro e Sala-I-Martin (1997). No entanto, neste trabalho há a alteração da variável renda pela variável produtividade agropecuária. Para o uso da variável dependente nos modelos empíricos, houve a necessidade de transformá-la, com o fim de evitar os possíveis resultados negativos. Desse modo, para o cálculo da taxa de crescimento da produtividade da agropecuária, foi utilizada a Equação 3:

$$\left(\frac{PT_{2017}}{PT_{1995}} \right) + 1 \quad (3)$$

Posteriormente, o logaritmo natural dessa razão foi calculado.

3.2.1 Modelo Empírico

A Equação 4 captura o modelo de convergência absoluta da produtividade agropecuária (PT):

$$\ln \left(\frac{PT_{2017}}{PT_{1995}} \right) = \alpha + \beta \ln PT_{1995} + \epsilon \quad (4)$$

em que $\ln(PT_{2017}/PT_{1995})$ é o logaritmo natural da razão entre a produtividade média entre os dois anos em análise, isto é, a produtividade agropecuária em 2017 e a produtividade em 1995; $\ln PT_{1995}$ é o logaritmo natural da produtividade em 1995; e ϵ é o termo de erro.

Nesse modelo, caso exista a convergência da produtividade agropecuária, o coeficiente associado ao parâmetro β deve possuir um sinal negativo e estatisticamente significativo. Isso confirma a hipótese de que com o decorrer dos anos, as diferenças entre as produtividades agropecuárias tendem a diminuir. Além disso, com o uso do modelo de convergência absoluta

identifica-se as mudanças ocorridas na produtividade em função apenas da produtividade inicial da localidade.

3.2.2 Modelos Econométricos de Controle de Dependência Espacial

Quando as unidades de corte transversal apresentam algum grau de relação, tem-se o que é chamado de dependência espacial. O espaço é fator fundamental em diversas análises, pois existe interação entre as regiões. Essa interação é conhecida como Lei de Tobler, também tratada como a Primeira Lei da Geografia. Essa Lei estabelece a seguinte teoria: “tudo depende de todo o restante, porém o que está mais próximo depende mais do que aquilo que está mais distante” (ALMEIDA, 2012).

Assim, ainda segundo Almeida (2012), verifica-se que a proximidade de uma ou outra região reverbera nos resultados observados. Outro adendo que merece destaque é que a distância mencionada, não se refere apenas à distância geográfica, mas também à distância econômica ou política. Em suma, a dependência espacial mostra que o valor de uma variável de interesse em uma região i , recebe influência das mesmas variáveis observadas nas regiões consideradas vizinhas. Adicionalmente, há a possibilidade da influência das variáveis explicativas exógenas e, em algumas vezes, dos fatores que estão contidos no termo de erro dessas regiões próximas. Outro fenômeno que pode ocorrer quando se aborda o espaço é a heterogeneidade espacial, que foi denominada como a Segunda Lei da Geografia. A heterogeneidade espacial ocorre quando há instabilidade estrutural através das regiões. Nesse caso, as variáveis apresentam diferentes respostas, em que dependem da localidade em que se encontram. Quando a dependência e a heterogeneidade ocorrem ao mesmo tempo, tem-se o que é chamado de imbricação.

Caso verificada a dependência espacial, o modelo ideal é um que controle essa dependência. Um Modelo Clássico de Regressão Linear não leva em consideração os efeitos que o espaço exerce sobre as variáveis. Isso justifica a necessidade da utilização de um modelo de controle de dependência espacial, que é encontrado na Econometria Espacial. Na Equação 5, pode-se observar o modelo espacial geral:

$$\ln \left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}} \right) = \rho W \left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}} \right) + \ln(PT_{n,h})\beta_1 + W \ln(PT_{n,h})\tau + \zeta \quad (5)$$

$$\zeta = \lambda W \zeta + \epsilon \quad (6)$$

em que β_1^* e β_2^* são os vetores dos parâmetros que serão estimados; $W (PT_{t+n,h}/PT_{n,h})^*$ é um vetor de defasagens espaciais para a variável dependente; $\ln(PT_{n,h})^*$ é o logaritmo natural da produtividade no período inicial para cada bioma; $W \ln(PT_{n,h})$ é o vetor de defasagem da variável explicativa; τ é o vetor (por 1) do coeficiente autorregressivo das variáveis explicativas; ρ é um vetor do coeficiente autorregressivo; ζ_h^* é um vetor dos termos de erro; $W \zeta_h^*$ são os erros defasados espacialmente e λ é o parâmetro do erro autorregressivo espacial. Todos os parâmetros serão calculados para os biomas estudados.

Almeida (2012) mostra que a partir do modelo geral, deve-se observar o comportamento dos parâmetros. Quando a Equação 5 apresenta valores de τ e de λ iguais a zero, e um valor de ρ diferente de zero, o modelo a ser considerado seria o modelo de defasagem espacial ou modelo SAR. Nesse último, a variável dependente da região i repercute no valor da variável dependente da região j . Essa relação pode ser percebida na Equação 7:

$$\ln \left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}} \right) = \rho W \left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}} \right) + \ln(PT_{n,h})\beta_1 + \epsilon \quad (7)$$

Quando a Equação 6 apresenta os valores dos parâmetros τ e λ iguais a zero, e o valor do parâmetro ρ diferente de zero, tem-se o modelo de erro autorregressivo espacial ou modelo SEM. Nesse modelo, a autocorrelação das regiões é encontrada no termo de erro. Isso significa que o erro da região i reverberará no crescimento da produtividade da região j , e vice-versa. O modelo de erro autorregressivo espacial ou modelo SEM é representado pela Equação 8:

$$\ln\left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}}\right) = \ln(PT_{n,h})\beta_1 + \epsilon \quad (8)$$

$$\zeta = \lambda W\zeta + \epsilon \quad (9)$$

em que ζ_h é um vetor dos termos de erro, $W\zeta_h$ são os erros defasados espacialmente e λ é o vetor do parâmetro do erro autorregressivo espacial.

Partindo novamente do modelo espacial geral (Equação 5), quando se encontra um λ igual a zero, e ρ e τ diferentes de zero, o modelo a ser estimado será um modelo de Durbin espacial ou modelo SDM. No modelo SDM, se incorpora o transbordamento por meio da defasagem das variáveis independentes, além da defasagem da variável endógena. Esse modelo pode ser representado pela Equação 10:

$$\ln\left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}}\right) = \rho W\left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}}\right) + \ln(PT_{n,h})\beta_1 + W\ln(PT_{n,h})\tau + \zeta \quad (10)$$

Novamente com o retorno à Equação 5, quando se observa o ρ igual a zero, e τ e λ diferentes de zero, o modelo a ser estimado é o modelo de Durbin espacial do erro ou modelo SDEM. Nesse modelo, os transbordamentos espaciais de alcance local nas variáveis explicativas são captados, além do transbordamento espacial global contido no termo de erro. O modelo de Durbin espacial do erro pode ser representado pela Equação 11:

$$\ln\left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}}\right) = \ln(PT_{n,h})\beta_1 + \tau W\ln(PT_{n,h}) + \zeta \quad (11)$$

$$\zeta = \lambda W\zeta + \epsilon \quad (12)$$

Já o modelo regressivo cruzado espacial ou modelo SLX é obtido quando se têm valores para ρ e λ iguais a zero, e o valor do τ é diferente de zero, na Equação 5. Nesse modelo, considera-se que todas as variáveis contidas na matriz X podem transbordar espacialmente. Sua representação pode ser observada na Equação 13:

$$\ln\left(\frac{PT_{t+n,h}}{PT_{n,h}}\right) = \ln(PT_{n,h})\beta_1 + X\beta_2 + \tau WX + \epsilon \quad (13)$$

Por fim, para casos em que os valores para ρ , τ e λ são iguais a zero na Equação 5, o melhor modelo a ser considerado é o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Nesse trabalho serão testados todos os modelos descritos acima (SAR, SEM, SDM, SDEM e SLX). A escolha do modelo que melhor controla a dependência espacial é baseada nas Equações 14 e 15:

$$AIC = -2LIK + 2K \quad (14)$$

$$SC = -2LIK + K \ln n \quad (15)$$

em que LIK é referente ao valor da função de verossimilhança, k é o número de parâmetros contidos no modelo e n é o número de observações. Para avaliar os critérios de Akaike (AIC) e

de Schwartz (SC), deve-se considerar que quanto menor o valor encontrado no critério, melhor será o modelo. Quando se tem uma amostra com mais de 8 (oito) observações, o SC penaliza os modelos que contém muitos parâmetros mais que o AIC. Toda as equações apresentadas aqui, juntamente com suas respectivas definições, podem ser encontradas em Almeida (2012).

3.2.3 Teste de Chow Espacial

Posto que se pretende considerar a possibilidade de estimação por regimes espaciais, Almeida (2012) argumenta que deve-se realizar o teste de Chow Espacial. Esse teste é baseado na comparação da soma dos quadrados dos resíduos de uma regressão, com a utilização de todo o conjunto de dados. É importante destacar que nesse caso, o conjunto de dados é dividido em subamostras. O teste de Chow Espacial é dado pela Equação 16:

$$Ch = \left[\left(\frac{e'_r - e'_{ir}e_{ir}}{k} \right) \left(\frac{1}{n - 2k} \right) \right] \quad (16)$$

em que e_r é o resíduo por MQO do modelo restrito na subamostra e e_{ir} é o resíduo por MQO do modelo irrestrito com toda a amostra.

A ideia do teste de Chow Espacial é que se ele for estatisticamente significativo, rejeita-se a hipótese de uma regressão com todos os dados conjuntamente, em detrimento de uma regressão com distintos regimes espaciais. Isso significa que será estimada uma equação de convergência para um grupo de microrregiões, de acordo com seu desempenho agropecuário. Em caso de confirmação da utilização dos regimes, o modelo a ser estimado pode ser descrito pela Equação 17:

$$\begin{bmatrix} \ln \left(\frac{PT_{2017,MD}}{PT_{1995,MD}} \right) \\ \ln \left(\frac{PT_{2017,BD}}{PT_{1995,BD}} \right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ln PT_{1995,MD} & 0 \\ 0 & PT_{1995,BD} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \beta_{1,MD} & 0 \\ 0 & \beta_{2,BD} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{MD} \\ \epsilon_{BD} \end{bmatrix} \quad (17)$$

3.2.4 Variáveis Utilizadas No Modelo

A variável dependente utilizada para estimação do modelo de convergência da produtividade agropecuária foi baseada nos trabalhos de Carmo et al. (2016) e Felema, Ferreira e Raiher (2013). A variável é obtida a partir das formulações das Equações 18 e 19:

$$VA_i = VBP_i - CI_i \quad (18)$$

$$PT_i = \frac{VA_i}{ATE_i} \quad (19)$$

A partir da Equação 17, calculou-se o Valor Agregado para cada microrregião (VA_i), subtraindo-se os Custos Intermediários (CI_i) do Valor Bruto da Produção (VBP_i). Após esse cálculo, a produtividade foi obtida através da razão entre o VA_i e da Área Total Explorada (ATE_i). O valor encontrado dessa razão trata-se da Produtividade Agropecuária da microrregião i (PT_i).

Os dados utilizados para o cálculo da produtividade agropecuária nesta pesquisa foram coletados do Censo Agropecuário, divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para anos de 1995 e 2017. Para o cálculo do valor agregado foram utilizados os valores das produções totais dos animais e vegetais. Para animais, se engloba o valor da produção de animais de pequeno, médio, e grande portes, e aves. Já para vegetais, se considera lavouras

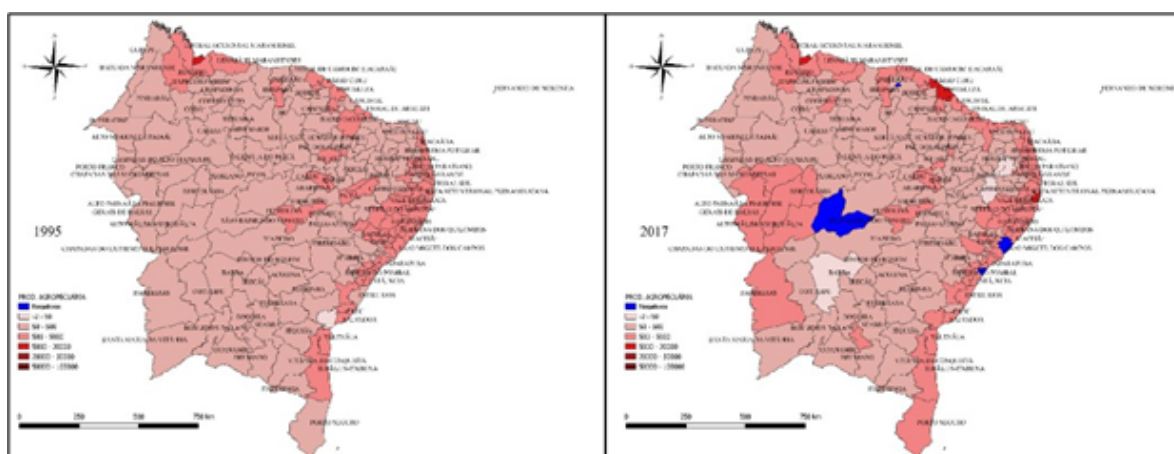
permanentes e temporárias, horticultura, floricultura, silvicultura e extração vegetal. Os custos considerados foram os valores de adubos e corretivos de solo, sementes e mudas, agrotóxicos, alimentação dos animais, medicamentos para animais, aluguel de máquinas e equipamentos, transportes da produção, combustíveis e lubrificantes, gastos com energia elétrica, ovos fertilizados e pintos de um dia e sacarias e outras embalagens.

A área considerada engloba o total de área explorada menos os hectares de área que são consideradas como terras inaproveitáveis. Além disso, essas matas e/ou florestas naturais são destinadas à preservação permanente ou são reservas legais e terras inaproveitáveis. Por fim, todas as variáveis monetárias utilizadas nessa pesquisa foram deflacionadas utilizando o índice IGP-DI, com 2017 como ano base. Os dados utilizados são referentes a 188 microrregiões nordestinas. Não houve a necessidade de realizar nenhuma correção de áreas mínimas comparáveis, visto que no período abordado pela pesquisa (1995-2017) não houve criação nem destruição de nenhuma microrregião, e todas as variáveis estão logaritmizadas para maior simplificação das análises.

4 Resultados

O Brasil é um país de proporções continentais e como tal, podem ser observadas discrepâncias não somente entre as macrorregiões brasileiras, mas também entre as microrregiões. Como exemplo e como objetivo de análise desta seção, para o caso específico do nordeste brasileiro, observa-se diferentes desempenhos da produtividade agropecuária. Essas nuances podem ser explicadas por fatores estruturais e climáticos, e até mesmo por questões relacionadas à qualificação da mão-de-obra, tal como argumenta Furtado (2009). A distribuição espacial da produtividade agropecuária entre 1995 e 2017 entre as microrregiões do Nordeste, retratada na Figura 1, corrobora esse cenário.

Figura 1 - Distribuição Espacial da Produtividade Agropecuária: Microrregiões do Nordeste Brasileiro (Anos 1995 e 2017)



Fonte: Mapas gerados a partir das análises espaciais efetuadas.

Verifica-se que as microrregiões mais produtivas se encontram no litoral nordestino. A região é líder em produção de banana (34% da produção nacional) e produção de mandioca (34,7% da produção brasileira). Também é a segunda região que mais produz arroz, além de ser destaque na produção de frutas. Apesar disso, em 2017 quatro microrregiões apresentaram desempenho insatisfatório: i) Aracaju; ii) Meruoca; iii) São Miguel dos Campos; e iv) São Raimundo Nonato. Esse baixo desempenho pode ser atribuído aos problemas ambientais que

essa região sofre, como a escassez de chuvas. No estado de Sergipe, por exemplo, 73,6% da área está suscetível a desertificação. Essa área equivale a 48 municípios do estado. Em abril de 2017, 29 municípios haviam decretado estado de emergência devido à seca (ROCHA, 2017).

A Figura 1 ainda mostra que as microrregiões que são produtivas (não são produtivas) estão próximas de outras regiões produtivas (não produtivas). Isso indica que pode existir algum tipo de autocorrelação no espaço da produtividade agropecuária entre as microrregiões nordestinas nos anos de 1995 e 2017. Para verificar tal hipótese, calculou-se o I de Moran Global Univariado, em que seus resultados podem ser verificados na Tabela 1.

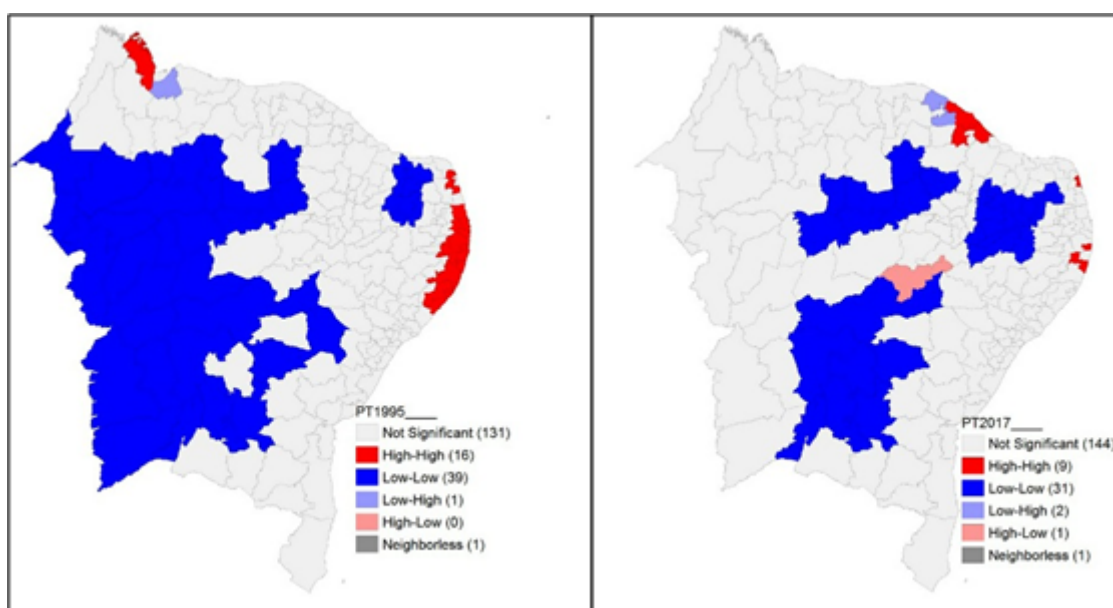
Tabela 1 - I de Moran Global da Produtividade Agropecuária:
Nordeste Brasileiro (Anos 1995 e 2017)

Matriz	1995	2017
Rainha	0,149	0,272
Torre	0,149	0,272
4 vizinhos	0,136	0,038
5 vizinhos	0,126	0,035
7 vizinhos	0,099	0,023

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

Os valores do I de Moran para os dois anos (1995 e 2017) foram positivos e estatisticamente significativos a 1%. Isso indica a ocorrência de autocorrelação espacial positiva e, desse modo, as microrregiões nordestinas que produzem muito (pouco) são vizinhas de outras microrregiões nordestinas que também produzem muito (pouco). Dado a existência de autocorrelação espacial, o próximo passo é a construção do mapa de *clusters* LISA. O intuito é verificar as possíveis presenças de *clusters* de produtividade. Eles tratam de grupos de microrregiões com produtividades baixas ou altas, em que essa relação pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de *Clusters* LISA da Produtividade Total:
Nordeste Brasileiro (Anos 1995 e 2017)

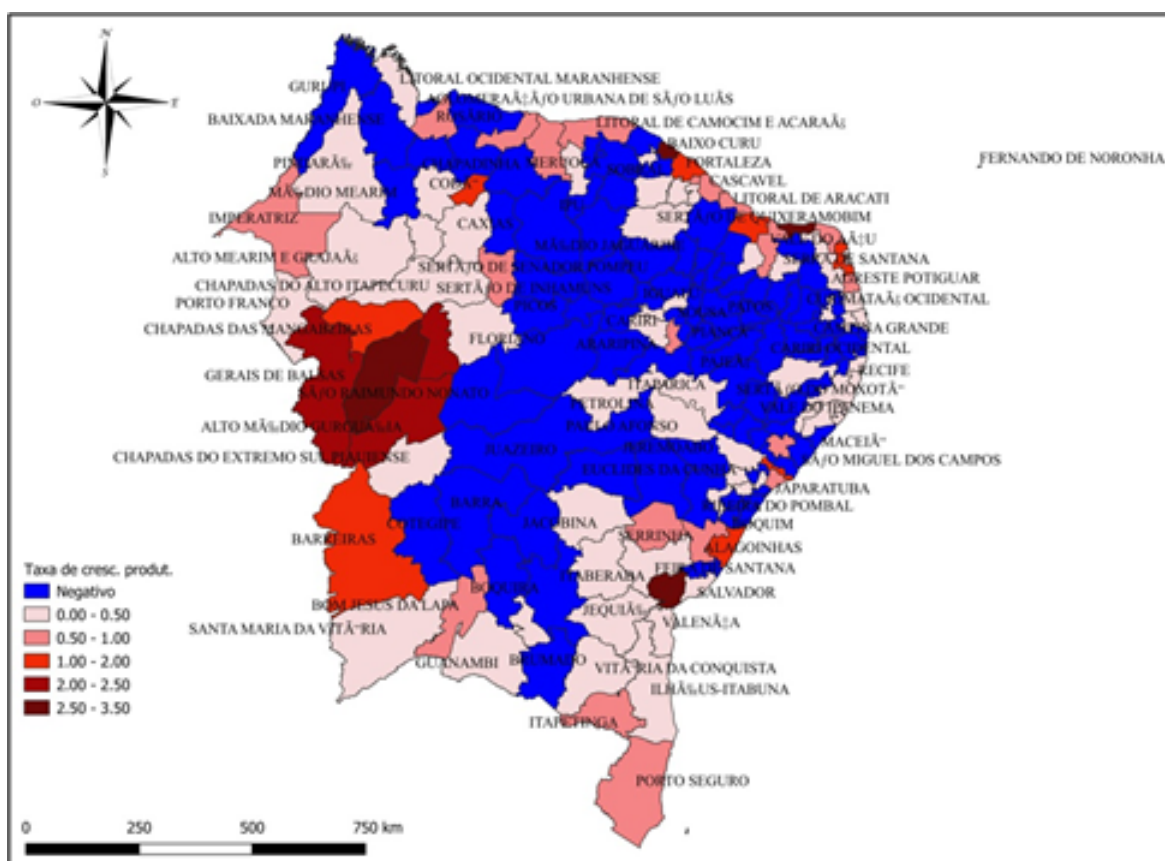


Fonte: Mapas gerados a partir das análises espaciais efetuadas.

É notório que a maior parte do mapa apresentava *clusters* do tipo baixo-baixo em 1995. Já em 2017, essa região se tornou menos significativa do ponto de vista geográfico. Os *clusters*

do tipo AA estavam apenas em 2 (dois) pontos em 1995, ao passo que em 2017 sua significância geográfica se reduziu ainda mais. Esses primeiros resultados sugerem que as produções se tornaram mais homogêneas com o decorrer dos anos. Em continuidade com essa análise, a Figura 3 retrata a distribuição espacial da taxa de crescimento da produtividade agropecuária, entre 1995 e 2017, para as microrregiões nordestinas.

Figura 3 - Distribuição Espacial da Taxa de Crescimento da Produtividade Agropecuária: Nordeste Brasileiro (1995-2017)



Fonte: Mapa gerado a partir das análises espaciais efetuadas.

A Figura 3 mostra que muitas microrregiões da região do Nordeste brasileiro apresentaram taxas de crescimento negativas, tanto em 1995 quanto em 2017. Novamente, tanto fatores climáticos quanto a concentração de terras contribuem negativamente para a produtividade observada. A maior parte dos agricultores é considerada familiar e possui, portanto, uma pequena parcela das terras da região. Desse modo, a grande maioria das terras do local se concentra na mão de poucos produtores rurais. Além disso, nota-se que as microrregiões com altas taxas de crescimento de produtividade (baixas taxas de crescimento de produtividade) estão próximas de outras regiões com altas taxas de crescimento de produtividade (baixas taxas de crescimento de produtividade). Como forma de se identificar se existe alguma relação espacial da taxa de crescimento da produtividade, calcula-se o I de Moran Global Univariado da taxa de crescimento da produtividade agropecuária das microrregiões supracitadas, entre 1995 e 2017, tal como feito na Tabela 2.

Os valores do I de Moran Global foram positivos e significativos a 1%, o que indica a ocorrência de autocorrelação espacial entre a taxa de crescimento da produtividade agropecuária. Isso significa dizer que uma microrregião com uma alta taxa de crescimento da produtividade está próxima de outra microrregião com uma alta taxa de crescimento da pro-

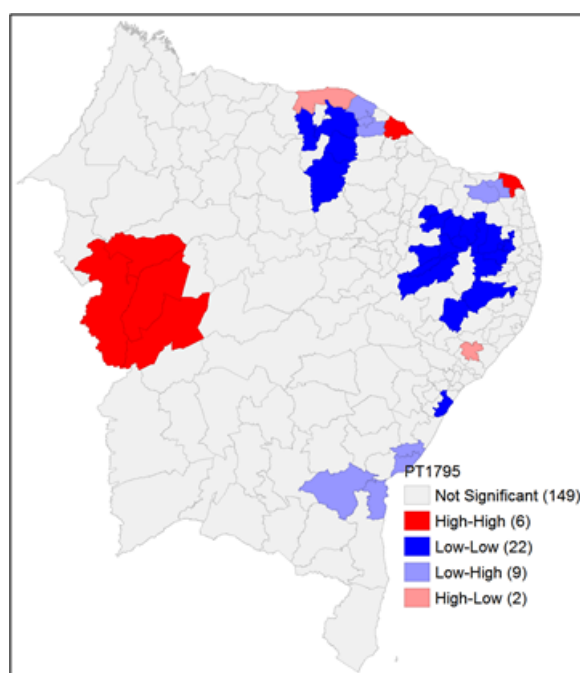
Tabela 2 - I de Moran da Taxa de Crescimento da Produtividade Agropecuária: Nordeste Brasileiro (1995-2017)

Matriz	Valor
Rainha	0,116
Torre	0,117
4 vizinhos	0,119
5 vizinhos	0,099
7 vizinhos	0,091
10 vizinhos	0,082

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

produtividade. Em consonância, a Figura 4 retrata o mapa de *clusters* LISA da taxa de crescimento da produtividade agropecuária da região, entre 1995 e 2017. Pode-se observar a existência de um *cluster* AA na região oeste do Nordeste e *clusters* do tipo baixo-baixo nas regiões norte e leste do Nordeste. O *cluster* do tipo AA está localizado na região de Matopiba. Ademais, essa região é composta no Nordeste brasileiro pelos seguintes estados: i) Maranhão; ii) Piauí; e iii) Bahia.

Figura 4 - Mapa de *Clusters* LISA da Taxa de Crescimento da Produtividade Agropecuária : Nordeste Brasileiro (1995-2017)



Fonte: Mapa gerado a partir das análises espaciais efetuadas.

Além da produtividade total apresentar taxas de crescimento positivas para a região Nordeste, percebe-se que há certa suavização nos *clusters* com o decorrer dos anos. Desse modo, testou-se a hipótese de convergência da produtividade agropecuária entre as microrregiões do Nordeste, entre 1995 e 2017. E os resultados do modelo a-espacial de convergência absoluta da produtividade agropecuária podem ser verificados na Tabela 3. Quando há comprovação da hipótese de convergência através do parâmetro β , o parâmetro apresenta um sinal negativo e é significativo. No entanto, a Tabela 3 mostra que apesar do parâmetro β apresentar um sinal negativo, ele não é estatisticamente significativo. Desse modo, não há como afirmar que houve um processo de convergência da produtividade agropecuária entre as regiões nordestinas

no período de 1995 a 2017. Visto que o I de Moran dos resíduos é positivo e estatisticamente significativo, há a necessidade de controle da dependência espacial. Portanto, os cinco tipos de modelos foram testados: i) SAR; ii) SEM; iii) SLX; iv) Durbin; e v) Durbin Espacial do Erro.

Tabela 3 - Resultados Econométricos do Modelo Não Espacial para o Nordeste

Variáveis/Testes	Resultado
α	0,6646* (0,4007)
β	-0,0968 (0,0654)
AIC	477,124
SC	0,0654
I de Moran dos Resíduos	0,3525 {0,0000}
Jarque-Bera	120,458 {0,0000}
Breusch-Pagan	11,458 {0,0000}
Koenker-Basset	4,483 {0,0000}

Nota: * significativo a 10%. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Os valores entre chaves correspondem ao o valor da probabilidade do teste.

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

Tabela 4 - Resultados Econométricos do Modelo de Durbin Espacial do Erro para o Nordeste

Variáveis/Testes	Resultado
α	0,2498* (0,1289)
β	-0,0068 (0,0180)
λ	0,9768*** (0,0274)
AIC	-21,241
SC	-14,7684

Nota: *** significativo a 1%. * significativo a 10%. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Os resultados foram estimados com matriz 4 vizinhos, dado que foi a matriz que apresentou o melhor e maior valor de I de Moran dos resíduos.

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

A Tabela 4 mostra o resultado da convergência para o modelo de Durbin Espacial do Erro, que foi o que apresentou os menores valores dos critérios de AIC e de SC, além do melhor resultado no controle da dependência espacial nos resíduos. Novamente, o modelo de convergência, já corrigido para heterocedasticidade e dependência espacial, não apresentou um processo de convergência absoluta, pois o parâmetro β não apresentou um valor significativo. Desse modo, não é possível afirmar que as diferenças de produtividade agropecuária entre as microrregiões do Nordeste estão diminuindo. Além disso, como observado nos mapas desta seção, algumas microrregiões da região nordestina não apresentam taxa de crescimento no período entre 1995 e 2017. Nesse sentido, é interessante analisar as microrregiões separadamente de acordo com seu nível de desempenho de produtividade agropecuária. Com esse

pressuposto, esta pesquisa buscou dividir as estimações em dois regimes: i) um regime composto pelas 93 microrregiões que apresentaram baixo desempenho; e ii) um regime composto pelas 95 microrregiões que apresentaram elevado desempenho. Os resultados do teste de Chow Espacial para o modelo de convergência absoluta podem ser verificados na Tabela 5.

Tabela 5 - Teste de Chow Espacial e Diagnóstico de Dependência Espacial do Modelo Econométrico Não Espacial e com Regimes Espaciais para Convergência Absoluta

Variáveis/Testes	Valor	Probabilidade
α	24,721	0,0000
β	6,946	0,0084
Teste Global	237,877	0,0000
I de Moran dos Resíduos	0,3525	0,0000

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

Tabela 6 - Resultados Econométricos do Modelo Não Espacial com Regimes Espaciais

Variáveis/Testes	Negativo	Positivo
α	-0,8517 (0,2932)	2,0411*** (0,4703)
β	0,0574 (0,0574)	-0,2291*** (0,0764)
AIC	100,783	220,165
SC	105,848	225,273
Jarque-Bera	41,106 {0,0000}	960,20 {0,0000}
Breusch-Pagan	0,732 {0,3923}	1,585 {0,2080}
Koenker-Basset	0,375 {0,5402}	0,586 {0,4439}

Nota: *** significativo a 1%. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Os valores entre chaves correspondem ao o valor da probabilidade do teste.

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

O resultado do teste de Chow (Teste Global) apresentou significância estatística a 1%. Isso significa que há a necessidade da estimação de um modelo de convergência absoluta por regimes espaciais. Nesse sentido, a Tabela 6 reporta os resultados do modelo de convergência absoluta por regimes espaciais. Percebe-se que entre as microrregiões que apresentaram taxas de crescimento negativas da produtividade agropecuária, não se identificou um processo de convergência. Já dentre as microrregiões que apresentaram taxas de crescimento positivas da produtividade agropecuária, houve um processo de convergência. Desse modo, as diferenças entre essas regiões tendem a diminuir ao longo do tempo, enquanto para as microrregiões com baixo desempenho, não se pode afirmar que haja diminuição das diferenças da produtividade.

Por fim, como o I de Moran dos resíduos apresentou sinal positivo e estatisticamente significativo, os modelos espaciais para o controle da dependência espacial foram estimados. Merece destaque o controle da heterogeneidade espacial através dos regimes. Os modelos SAR, SEM, SLX, Durbim e Durbim Espacial do Erro foram novamente testados. Os resultados são encontrados na Tabela 7 e sugerem que o melhor modelo para essa análise é o modelo de erro autorregressivo.

O modelo confirmou novamente a existência de um processo de convergência apenas no grupo de microrregiões que apresentaram taxas de crescimento positivas da produtividade

Tabela 7 - Resultados Econométricos do Modelo de Erro Autorregressivo Espacial com Regimes Espaciais

Variáveis/Testes	Negativo	Positivo
α	-0,7620** (0,4705)	2,2192*** (0,4141)
β	0,0211 (0,0770)	-0,2353*** (0,0670)
λ	0,1928 (0,1316)	—
AIC	332,963	—
SC	345,909	—

Nota: *** significativo a 1%. ** significativo a 5%. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Os resultados foram estimados com matriz 4 vizinhos, dado que foi a matriz que apresentou o melhor e maior valor de I de Moran dos resíduos.

Fonte: Análises espaciais efetuadas.

agropecuária. A repetição desse resultado corrobora que há uma tendência de homogeneização da produtividade nas microrregiões com melhores desempenho. O mesmo não é identificado nas regiões com menor desempenho, já que não se percebe redução das diferenças com o decorrer do tempo. O parâmetro que capta a dependência espacial, λ , não apresentou significância estatística, embora apresente sinal positivo. Isso sugere que choques aleatórios de uma microrregião do grupo de melhor desempenho não reverberam nas produtividades do grupo com baixo desempenho e vice-versa. Essa repercussão não ocorre mesmo diante da ocorrência de autocorrelação espacial. Como a hipótese de convergência absoluta para o grupo de microrregiões com melhor desempenho foi confirmada, foi realizado o cálculo da velocidade e da meia-vida. Os resultados sugeriram que a velocidade da convergência é de 0,116 e a meia-vida possui valor de 59,42. Isso indica que as microrregiões do Nordeste do Brasil que têm taxas de crescimento positivas da produtividade agropecuária levaram aproximadamente 53 anos para alcançar a homogeneidade desse tipo específico de produtividade.

5 Considerações Finais

A agropecuária é de suma importância na composição econômica da região do Nordeste brasileiro. Entretanto, diversos fatores edafoclimáticos contribuem negativamente para a produtividade da região, tais como: i) altas temperaturas; ii) escassez de chuvas; e iii) solos arenos e secos. É importante frisar, também, que existe diferentes graus de produtividade dentro da própria macrorregião. Observa-se microrregiões que apresentam níveis mais elevados de produtividade, tais como o litoral nordestino, em que se produz cana-de-açúcar, e os estados que compõem parte do Matopiba (Bahia, Maranhão e Piauí). Essa última hoje se apresenta como uma fronteira agrícola de grãos muito produtiva.

Desse modo, este trabalho se propôs a analisar a importância da agropecuária para a região do Nordeste brasileiro. Novamente, procurou-se verificar se há convergência absoluta da produtividade agropecuária para as microrregiões nordestinas entre os anos de 1995 e 2017. Para tal, a abordagem metodológica foi baseada na Econometria Espacial e os regimes espaciais foram divididos por desempenho agropecuário no período.

A produtividade agropecuária das microrregiões nordestinas apresentou autocorrelação espacial positiva, e certa diminuição dos *clusters* baixo-baixo, que em 1995 eram maiores que

em 2017. Isso indicava que mais microrregiões estavam com produtividades baixas. Desse modo, a hipótese de convergência absoluta da produtividade agropecuária para as microrregiões foi testada. Em um primeiro momento, não se pôde afirmar que há um processo de convergência para todas as microrregiões nordestinas, visto o valor não significativo do seu parâmetro. Em seguida, a convergência foi testada para dois grupos diferentes de produtividade agropecuária: i) altas taxas de crescimento da produtividade agropecuária; e ii) baixas taxas de crescimento da produtividade agropecuária. No primeiro grupo, foi observado um processo de convergência. Já no segundo grupo, o resultado não foi o mesmo. Isso significa dizer que nas microrregiões com melhores desempenhos em relação às suas respectivas taxas de crescimento, as diferenças tendem a diminuir com o decorrer dos anos.

Resultados como esses são importantes, pois demonstram que mesmo que parte da literatura econômica considere que a região apresenta níveis modestos de produtividade agropecuária, determinadas localidades apresentam desempenho agropecuário não negligenciável e muito relevante. Toda essa análise e os resultados obtidos servem como incentivos para projetos de políticas públicas. Mas dessa vez, o olhar não precisa ser somente sobre como otimizar a produtividade da região, mas também como maximizar a boa produtividade já existente em algumas localidades. Não foi o objetivo deste trabalho, mas para pesquisas futuras seria interessante tratar adicionalmente da convergência condicional da produtividade agropecuária da região, como uma forma de *benchmarking*.

Referências

ALMEIDA, E. S. *Econometria Espacial*. Campinas: Alínea, 2012.

ALMEIDA, E. S.; BARRETO, R. C. S. A Contribuição da Pesquisa para Convergência e Crescimento da Renda Agropecuária no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 47, n. 3, p. 719–737, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000300009>.

ALMEIDA, E. S.; FERREIRA, P. G. G.; PEROBELLI, F. S. Existe Convergência Espacial da Produtividade Agrícola no Brasil? *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, n. 1, p. 31–52, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-20032008000100002>.

ANDRADE, M. C. *A Terra e o Homem no Nordeste: Contribuição ao Estudo da Questão Agrária no Nordeste*. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

BALL, V. E.; HALLAHAN, C.; NEHRING, R. Convergence of Productivity: An Analysis of the Catch-up Hypothesis within a Panel of States. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 86, n. 5, p. 1315–1321, 2004. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3697947>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BARATA, M. et al. Enhancing Adaptive Capacity to Climate Change: The Case of Smallholder Farmers in the Brazilian Semi-Arid Region. *Environmental Science & Policy*, v. 13, n. 8, p. 801–808, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.08.005>.

BARRO, R. J.; SALA-I-MARTIN, X. Technological Difusion, Convergence, and Growth. *Journal of Economic Growth*, v. 2, n. 1, p. 1–26, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009746629269>.

- BAUMOL, W. J. Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show. *American Economic Review*, v. 76, n. 5, p. 1072–1085, 1986. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1816469>. Acesso em: 13 jul. 2021.
- CARMO, A. S. S. D. et al. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: Uma Análise Espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 54, n. 3, p. 517–536, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540307>.
- CASTELAR, I. et al. Determinação dos Clubes de Convergência da Renda per Capita Agrícola: Uma Análise para os Municípios Cearenses. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 47, n. 4, p. 995–1021, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000400009>.
- FELEMA, J.; FERREIRA, C. R.; RAIHER, A. P. Agropecuária Brasileira: Desempenho Regional e Determinantes de Produtividade. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 3, p. 555–573, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000300008>.
- FOCHEZATTO, A.; STÜLP, V. J. Análise da Convergência da Produtividade da Mão-de-Obra Agropecuária entre os Estados Brasileiros: Aplicação de Matrizes de Markov, 1990-2000. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, n. 3, p. 739–765, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000300007>.
- FURTADO, C. *Formação Econômica do Brasil*. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- GALANOPOULOS, K. et al. *O Crescimento da Produtividade Agrícola no Mediterrâneo e os Testes de Convergência entre os Países*. Chania: 98º Seminário, Associação Europeia de Economistas Agrícolas, 2006.
- GOMES, G. M. *Velhas Secas em Novos Sertões: Continuidade e Mudanças na Economia do Semiárido e dos Cerrados Nordestinos*. Brasília: IPEA, 2001.
- IBGE. *Censo Agropecuário*. 1995. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_1995_96/Brasil/. Acesso em: 12 jul.2021.
- IBGE. *Censo Agropecuário*. 2017. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_2017/Resultados_Definitivos/plano_tabular_censoagro2017/xls/0_BR.zip. Acesso em: 12 jul.2021.
- IBGE. *Áreas dos Municípios*. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estruturaterritorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=o-que-e>. Acesso em: 12 jul.2021.
- IBGE. *Estimativas da População 2020*. 2020. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/estimativas_dou_2020.xls. Acesso em: 12 jul.2021.
- LINHARES, F.; PENNA, C. Uma Nota sobre “Teste da Convergência do PIB per Capita da Agropecuária no Brasil”. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 1, p. 91–104, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000100005>.
- MILLER, M. S.; UPADHYAY, P. M. Total Factor Productivity and the Convergence Hypothesis. *Journal of Macroeconomics*, v. 24, n. 2, p. 267–286, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0164-0704\(02\)00022-8](https://doi.org/10.1016/S0164-0704(02)00022-8).

PHILLIPS, P. C. B.; SUL, D. Transition Modeling and Econometric Convergence Tests. *Econometrica*, v. 75, n. 6, p. 1771–1855, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2007.00811.x>.

QU, Z. et al. The Effects of Agricultural R&D on Chinese Agricultural Productivity Growth: New Evidence of Convergence and Implications for Agricultural R&D Policy. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, v. 65, n. 3, p. 453–475, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1111/cjag.12137>.

ROCHA, A. F. D. Panorama da Seca no Estado de Sergipe: Impactos e Ações de Enfrentamento. *Parcerias Estratégicas*, v. 22, n. 44, p. 181–200, 2017.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidad Estructural de la Agricultura Familiar en el Brasil. *Revista de la CEPAL*, v. 111, p. 103–121, 2013. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35935/RVE111VieiraFilho_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13 jul. 2021.

VICENTE, J. R. Mudança Tecnológica, Eficiência, Produtividade Total de Fatores na Agricultura brasileira. *Economia Aplicada*, v. 8, n. 4, p. 729, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000300008>.