

**AValiação DO PROCESSO DE CONVERGência DA PRODUTIVIDADE
AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE ESPACIAL NOS MUNICÍPIOS GAÚCHOS ENTRE
OS ANOS DE 2001 A 2015**

Patricia Batistella

Universidade Federal de Santa Maria-UFSM

Lauana Rossetto Lazaretti

Universidade Federal de Santa Maria-UFSM

Elen Presotto

Universidade Federal de Santa Maria-UFSM

Felipe Orsolin Teixeira

Universidade Federal de Santa Maria-UFSM

Prof. Dr. Clailton Ataídes de Freitas

Universidade Federal de Santa Maria-UFSM

Resumo: Com vistas a identificar a existência de desequilíbrios na produtividade agrícola no Rio Grande do Sul, realiza-se a análise do processo de convergência- β absoluta dessa variável a nível municipal nos períodos de 2001/2007, 2008/2015 e 2001/2015. Para tanto, utilizou-se do ferramental econométrico espacial e da análise exploratória de dados para visualizar a dependência espacial e a formação de *clusters* no estado. Assim, foi possível identificar o agrupamento de municípios com características de alta produtividade agrícola na região da Serra Gaúcha, enquanto os municípios com baixa produtividade encontram-se nas demais regiões do estado. A estatística *I* de Moran, apresentou autocorrelação espacial positiva. Os modelos econométricos com a finalidade de testar a hipótese de convergência da produtividade agrícola, levaram a rejeição dessa hipótese nos períodos analisados, sendo possível perceber que no último período a divergência na produtividade vem diminuindo.

Palavras chaves: Produtividade agrícola; convergência; municípios.

Abstract: *In order to identify the existence of imbalances in agricultural productivity in Rio Grande do Sul, the absolute convergence- β process of this variable at municipal level is analyzed in the periods 2001/2007, 2008/2015 and 2001/2015. For that, we used spatial econometric tools and exploratory data analysis to visualize the spatial dependence and the formation of clusters in the state. Thus, it was possible to identify the grouping of municipalities with characteristics of high agricultural productivity in the region of Serra Gaúcha, while municipalities with low productivity are found in other regions of the state. The *I* Moran statistic presented positive spatial autocorrelation. Econometric models with the purpose of testing the hypothesis of agricultural productivity convergence led to the rejection of this hypothesis in the analyzed periods, and it is possible to see that in the last period the divergence in productivity has been decreasing.*

Keywords: *Agricultural productivity; convergence; counties.*

Área 6: Macroeconomia

Classificação JEL: E19; R11

1 INTRODUÇÃO

Por muitos anos o Rio Grande do Sul foi considerado um estado “celeiro do Brasil”, em função da sua relevância na produção agropecuária. Os produtos oriundos desse setor eram destinados tanto para o mercado interno quanto para à exportação. A atividade agrícola se faz presente em todas as regiões do estado, embora, ao observar a participação das principais atividades no VAB (Valor Adicionado Bruto) seja possível verificar a existência de concentrações regionais de produção, como por exemplo, a flocultura nas proximidades de Santa Cruz do Sul, a sojicultura em Não-Me-Toque, a pecuária leiteira em Palmeira das Missões, e a viticultura em Caxias do Sul e Bento Gonçalves.

De acordo com os dados apresentados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), o Valor Bruto da Produção (VBP)¹ da agricultura e da pecuária do RS totalizou R\$ 48,5 bilhões no ano de 2014. A produção pecuária correspondeu a R\$ 15,8 bilhões (32,6%), e a agricultura, R\$ 32,7 bilhões (67,4%). Em cerca de cento e onze municípios no estado a agropecuária se apresenta como a principal atividade e, na maioria das vezes, é a única fonte de geração de renda de muitas famílias (FEE, 2016). Esses números retratam um pouco a importância da agropecuária para a economia gaúcha.

No que tange a produção nacional, o Rio Grande do Sul sobressai-se no cultivo de diversos produtos agropecuários. Na agricultura, as culturas do arroz, maçã, fumo, uva, trigo e da soja ganham destaque. No ano de 2014, cerca de 65% da produção de arroz no Brasil foi advinda do RS. Enquanto que as culturas de maçã, fumo e uva, corresponderam por 49%, 48,8% e 34,2%, respectivamente, na produção nacional para o ano de 2014 (MAPA, 2015).

Entre os anos de 1995 a 2014 o setor agropecuário do Rio Grande do Sul foi o que mais cresceu em volume quando analisado o VAB, tendo um crescimento de 113,2% contra 57,5% do PIB, ao longo do período analisado (IBGE, 2015). No entanto, os municípios experimentam distintas taxas de crescimento da produtividade agrícola, o que provoca desequilíbrios na maneira como a produção se espalha pelo espaço produtivo no estado.

As questões relacionadas as disparidades regionais cada vez mais são tratadas como forma de testar a eficácia dos modelos teóricos relacionados ao crescimento econômico. Assim, a hipótese da convergência da renda no estudo da produtividade agrícola, possui relevância quando relacionada com o tema crescimento econômico. Os trabalhos que tratam dessa temática têm como preocupação captar e quantificar as oscilações de crescimento, ou retração das desigualdades regionais. Além disso, outro fator importante que impulsiona estudos desse teor é a existência de regiões mais dinâmicas em relação às menos dinâmicas, o que também se destaca como causa de grande preocupação em estudos nesse escopo (SÁ BARRETO; ALMEIDA, 2008).

O Rio Grande do Sul conta hoje com quatrocentos e noventa e sete municípios, quase cem municípios a mais que o Paraná e a Bahia, por exemplo. Esse número elevado de municípios dificulta a identificação de problemas mais específicos, que impedem o desenvolvimento dessas localidades, principalmente, na área rural.

Nos últimos anos algumas evidências apontam que agropecuária vem diminuindo, relativamente, sua participação no dinamismo econômico, principalmente, em economias onde o estágio de desenvolvimento está em um processo mais avançado. Em contrapartida, os países menos desenvolvidos, ou que estão nas etapas iniciais deste processo, o setor primário é “pedra angular” da economia. O desenvolvimento e crescimento desse setor criam as condições que permitem impulsionar as transformações estruturais nos demais processos produtivos

¹ O Valor Bruto da Produção Agropecuária, calculado pelo MAPA, traz a evolução do desempenho das lavouras e da pecuária ao longo do ano e corresponde ao faturamento bruto. O mesmo é calculado levando em consideração a produção da safra agrícola e da pecuária e nos preços recebidos pelos produtores nas principais praças do País, dos 26 maiores produtos agropecuários do Brasil (FEE, 2015).

(RAIHER et al. 2016). Assim, é possível verificar que a importância da agricultura no crescimento econômico se dá de maneira distinta entre países ou até mesmo regiões.

Visto isso e sabendo que estudos da convergência absoluta da produtividade agrícola, a nível municipal, com a utilização da análise espacial não foram encontrados, busca-se com o presente estudo, primeiro, contribuir para que essa lacuna teórica seja preenchida; segundo, dada a importância da agricultura para a economia gaúcha, entender quão desigual, em termos regionais, se comporta o crescimento da produtividade agrícola no estado ou, mais especificamente, se existe ou não convergência da produtividade agrícola no conjunto dos municípios gaúchos e, terceiro, contribuir para o desenho de políticas agrícolas no sentido de incentivar, ainda mais, aqueles municípios que alcançaram produtividade acima da média, para que esses continuem se desenvolvendo, ou definir políticas públicas específicas para aqueles municípios que perderam dinamismo da produtividade e estão se afastando da fronteira de produção.

Com esse “pano de fundo teórico” o presente estudo tem por hipótese a existência de convergência da produtividade agrícola nos municípios do Rio Grande do Sul, pois, se espera que a produtividade não seja distribuída de forma aleatória, ou seja, existe dependência espacial nesta variável. Para tanto, define-se como objetivo analisar o processo de mudança do padrão geral de convergência da produtividade agrícola no período de 2001 a 2015, através de técnicas de econometria espacial.

Além desta breve introdução, o estudo é composto por mais cinco seções. A segunda seção traz um aparato teórico sobre convergência, seguidamente apresenta-se alguns estudos empíricos realizados com o intuito de testar a hipótese de convergência. A quarta, é composta pelos aspectos metodológicos e na quinta seção são apresentados e discutidos os principais resultados. As conclusões do trabalho estão na sexta seção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os estudos sobre convergência tiveram origem no modelo neoclássico de crescimento proposto por Solow (1956). O modelo preconiza que as taxas de crescimento da renda per capita de diferentes regiões/países no equilíbrio de longo prazo, conhecido como estado estacionário, tenderão a se igualar. Para que tal fato ocorra, as regiões mais pobres deveriam crescer mais ligeiramente que as mais ricas (LOPES, 2004).

O Modelo de Solow (1956), constitui um marco importante na performance da renda per capita no longo prazo. O modelo se utiliza de uma função de produção neoclássica, na qual os fatores de produção possuem retornos decrescentes, seu principal pressuposto é de que as economias no longo prazo caminham para *steady state*. Para que isso ocorra, é necessário que o crescimento seja impulsionado pela mudança tecnológica, uma variável exógena ao modelo. É importante destacar que, nesse modelo, a tendência é de que ocorra convergência de rendas per capita do conjunto de economias para um mesmo nível, conhecido como hipótese de convergência absoluta. Tal processo ocorre quando as medidas que determinam o estado estacionário são análogas como: taxa de poupança, taxa de progresso técnico e de aumento da população. Quando esses fatores são diferentes, chega-se então a convergência condicional. A convergência condicional, pressupõe que a taxa de crescimento de cada país depende da distância com relação a seu próprio estado estacionário, ou seja, cada país ou região terá seu próprio equilíbrio e não um comum, como atribuído na convergência absoluta (ESPERIDIÃO, 2008).

Segundo Barro (1992), a pressuposição básica do modelo de Solow é que economias mais pobres, a quais possuem baixos níveis de produto per capita e capital, com o passar do tempo, irão alcançar as economias ricas que possuíam, inicialmente, maiores níveis renda e capital. Tais disparidades tendem a diminuir no momento em que a economia caminha para o

estado estacionário. Assim, a convergência acontece, pois quanto menores forem os níveis iniciais de capital e produto mais altas serão as taxas de crescimento.

Por muitos anos tais suposições dos modelos tradicionais de crescimento e convergência foram alvos de críticas, principalmente, pela Teoria do Crescimento Endógeno (TCE), tendo como principais precursores Romer (2006) e Lucas (1988). As críticas residiam no fato, principalmente pelo modelo neoclássico de Solow tratar da tecnologia como exógena ao processo de crescimento (LOPES, 2004).

A hipótese de convergência possui um significado proeminente para a teoria do crescimento econômico. Seu principal pressuposto postula a redução do grau de desigualdade por meio de um processo de aproximação dos padrões de vida. Essa aproximação se dará pelo aumento dos níveis de renda per capita nos países ou regiões menos desenvolvidas a taxas superiores que os países ou regiões desenvolvidas. Tal pressuposição é a mesma para a convergência da produtividade agrícola, analisada nesse estudo.

3 BREVES NOTAS SOBRE EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS DE CONVERGÊNCIA

No tocante aos estudos empíricos com a finalidade de testar a convergência de renda per capita, é válido destacar a pesquisa seminal realizada por Baumol (1986), com a qual foi possível identificar a convergência e também a divergência de renda per capita no período de 1870 a 1979, de um grupo composto por dezesseis países industrializados. O estudo apontou para existência de convergência com menor intensidade entre os países socialistas.

No início da década de 1990, Barro e Sala-i-Martin, partindo dos pressupostos do modelo de Solow, incluíram na função produção a inovação tecnológica, passando também a admitir outras formas de medir a convergência. Os autores conseguiram detectar a existência de convergência absoluta entre os estados americanos no período de 1960 a 1985. Ainda, Sala-i-Martin (1996) obtiveram os mesmos resultados para um grupo de países da OCDE para o período de 1960 a 1990.

Entretanto, os estudos sobre convergência, com o intuito de se tornarem o mais próximo da realidade, passaram a incorporar o método da análise espacial. Conforme destaca Magalhães et al. (2000), a análise econômica está cada vez mais focada em questões relacionadas à dimensão espacial dos problemas. A dimensão espacial é uma característica importante, quando a atenção é direcionada à convergência da renda per capita regional.

Uma evolução dos métodos de econometria espacial, está fundamentada na Nova Geografia Econômica (NGE), preconizada pelas ideias de Krugman nos anos 90. Tal abordagem passa a considerar que dois fatores são fundamentais para a explicação das desigualdades entre as regiões, primeiro relaciona-se ao espaço, o qual traz implicações diretas na localização das atividades e, o segundo, diz respeito à distância, esse aspecto é responsável por determinar os custos de transporte, bem como a atração de novas atividades para determinada região (OLIVEIRA; JACINTO; GROLLI, 2008).

Com esta perspectiva de que o processo de convergência poderia ser afetado por variáveis de cunho espaciais, os novos estudos passam a incorporar em seu escopo analítico a econometria espacial. Assim, a análise da convergência de renda regional passa a considerar a possibilidade de existência de dependência espacial entre as regiões. Essa abordagem não é tão recente, visto que, a possibilidade de dependência espacial foi considerada no tratamento da convergência regional no final da década de 90 como em Rey e Montouri (1999), que estudaram a convergência de renda dos Estados Unidos.

Na Europa Dall'erba (2003) identificou as disparidades da produtividade do trabalho na Espanha, entre quarenta e oito regiões nos períodos de 1980-1996. O autor utilizou os modelos de β -convergência e σ -convergência, e como metodologia para tal mensuração a econometria

espacial. Os resultados obtidos destacam a importância de se levar em consideração o impacto da produtividade dos locais vizinhos.

Baumont et al. (2003) estudaram o processo de crescimento regional europeu de 1980 a 1995 através de clubes de convergência, utilizando econometria espacial. O estudo apontou que a taxa de convergência entre as regiões europeias se dá de maneira mais lenta, e que as distinções do PIB prevalecem, apesar do processo de integração econômica europeia e das taxas de crescimento mais elevadas experimentadas por alguns países.

Destacado como um dos principais trabalhos na economia brasileira sobre o tema em questão, Ferreira e Ellery Jr. (1996) buscaram analisar a existência de convergência entre a renda per capita dos estados brasileiros, nos 1970 a 1985, embasados na metodologia proposta por Barro e Sala-i-Martin (1990). Os principais resultados encontrados identificaram um processo de convergência mais lento do que o encontrado por Barro e Sala-i-Martin para os estados americanos.

Monastério e Ávila (2004) buscaram identificar a existência de convergência de renda nas cinquenta e oito áreas estatisticamente comparáveis no Rio Grande do Sul, através da utilização de técnicas de econometria espacial. A análise exploratória de dados espaciais (ESDA) possibilitou identificar que municípios que possuem elevado nível de crescimento estão localizados na região da Serra, enquanto os que mostram-se menos dinâmicos estão localizados na região da campanha. Além disso, evidenciaram que as áreas possuem vizinhança com características do mesmo padrão de renda.

A investigação da hipótese de convergência da produtividade também já foi alvo de estudos no Brasil. Lopes (2004), buscou analisar a evolução da produtividade da terra para as onze principais culturas agrícolas brasileiras, utilizando como modelo de análise a hipótese de convergência da produtividade nos estados brasileiros. Os resultados apontaram que apenas seis das onze culturas confirmaram a hipótese de convergência absoluta, além disso o estudo identificou a necessidade da implantação de políticas econômicas que possam contribuir para que o processo ocorra, principalmente, nas culturas do arroz e do milho.

Com a tentativa de testar a hipótese de convergência da produtividade do trabalho da agropecuária nos estados brasileiros Fochezatto e Stülp (2008), utilizaram-se da técnica de cadeias de Markov, a fim de comparar o setor agropecuário com os demais setores, bem como avaliar seu comportamento ao longo da década de noventa. Os resultados rejeitaram a existência de convergência da produtividade do trabalho na agropecuária, apontando que os estados evoluem para um nível superior de produtividade enquanto outros para um nível inferior.

Almeida (2008) analisou a hipótese de convergência da produtividade agrícola a nível das microrregiões brasileiras nos anos de 1991 a 2003, utilizando-se dos pressupostos desenvolvidos por Baumol (1986). O estudo conseguiu identificar através da econometria espacial, a existência de convergência absoluta da produtividade agrícola brasileira. Sendo que, a mesma converge de maneira muito lenta para o *steady state*.

Raiher et al.(2016) com objetivo analisar a evolução da produtividade da agropecuária nas microrregiões do Sul do Brasil, o qual confirmou a hipótese de que a distribuição espacial da produtividade da terra não é aleatória, portanto estimou-se um modelo de convergência utilizando técnicas da econometria espacial. Os resultados obtidos apontaram para hipótese de convergência absoluta e condicional da produtividade da agropecuária.

Frente a estes estudos empíricos já realizados, o estudo que se desenha busca trazer contribuições para o debate sobre convergência da produtividade agrícola no Rio Grande do Sul. Principalmente, por trazer uma análise desta variável por municípios gaúchos, até então não realizada, e também pela utilização da econometria espacial a qual tem por finalidade incluir na análise características espaciais.

4 METODOLOGIA

A sessão a seguir é composta pelos métodos utilizados, e como ocorreu o tratamento dos dados para a análise da convergência da produtividade agrícola dos municípios do Rio Grande do Sul.

4.1 Base de dados

Os dados utilizados para a análise da convergência da produtividade agrícola nos municípios do Rio Grande do Sul foram extraídos da produção agrícola municipal do banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), entre os anos de 2001 a 2015. O recorte do período foi determinado devido abranger o maior número de municípios. O Rio Grande do Sul possui 497 municípios (IBGE, 2017), no entanto na análise apenas 477² possuem rendimento agrícola, sendo estes, portanto, a extensão da amostra.

Segundo Almeida (2008), as variáveis absolutas podem levar a erros na interpretação dos resultados, pois há correlação com o tamanho do município em estudo, assim, foram utilizadas variáveis relativas. A variável produtividade média agrícola foi construída a partir da razão entre o valor da produção³ (lavoura temporária e permanente) e a área plantada e destinada à colheita.

A explicação para se utilizar a área plantada, no caso de lavoura temporária e área destinada à colheita para lavoura permanente, deve-se ao fato de que na agricultura a decisão do uso de insumos é definida antes que o produto seja cultivado. Ocorrendo, então, um planejamento de produção por parte dos agricultores. Assim, as variáveis (área plantada e área destinada a colheita) servem como *proxys* para mensurar tal fato (ALMEIDA, 2005).

O valor da produção foi deflacionado através do Índice de Preços por Atacado⁴ (IPA) calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). O valor da produção encontrava-se em mil reais (R\$ 1.000,00) e foi transformado para reais. O ano base utilizado foi 2015.

4.2 Análise exploratória de dados espaciais

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) auxilia a identificação da imbricação entre heterogeneidade espacial e dependência espacial. É necessário conhecer os dados espaciais, assim a AEDE possibilita a identificação das distribuições, dos *outliers* e os diferentes regimes espaciais. A análise deve deixar os dados falarem por si próprios, para posteriormente gerar uma modelagem econométrica-espacial apropriada (ALMEIDA, 2012).

Entre as regiões existem n possibilidades de interação, com isto o número de parâmetros estimados seria elevado, impossibilitando a análise. Para estimar o modelo, é necessário criar uma matriz de pesos espaciais, considerando que as regiões mais próximas possuem uma interação mais forte entre si. Cabe ressaltar, que essa ponderação espacial além de geográfica pode ser determinada por características socioeconômicas.

A matriz de ponderação espacial (W), com dimensões n por n capta as influências entre as regiões, já que os pesos espaciais w_{ij} representam a interação entre a região i sobre a região j . Essa matriz possui a ideia de vizinhança, que pode ser definida a partir da contiguidade ou da

² Os municípios que não possuem produtividade agrícola são: Arroio do Sal, Barra do Quaraí, Pedro Osório, Santa Margarida do Sul, Tramandaí, Pinto Bandeira, Alvorada, Balneário Pinhal, Canoas, Capivari do Sul, Cidreira, Esteio, Palmares do Sul, Sapucaia do Sul, Tavares, Xangri-lá, Imbé, Chuí, Cambará do Sul e Cachoeirinha.

³ Produção obtida multiplicada pelo preço médio ponderado (IBGE, 2017).

⁴ O IPA tem por base as pesquisas estruturais relativas aos setores agropecuário e industrial, além das Contas Nacionais, todas divulgadas pelo IBGE. Para compor a parcela agropecuária do IPA, são selecionados produtos pertencentes a três classes de atividades: lavouras temporárias, lavouras permanentes e pecuária.

distância geográfica. Neste estudo a matriz utilizada é a de contiguidade a partir da convenção “Rainha”, “Torre” e de Vizinhos mais próximos (ALMEIDA, 2012).

A associação espacial não pode ser apenas analisada a partir das regiões com maior e menor intensidade da variável utilizada (ALMEIDA, 2012). A estatística I de Moran calcula a autocorrelação espacial, esse coeficiente é dado por:

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j (y_i - \bar{y}) w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

em que, n é o número de regiões, y_i é a variável de interesse, \bar{y} é a média dessa variável, w_{ij} é a matriz de pesos espaciais para as regiões i e j . O coeficiente é baseado na soma dos produtos cruzados, ponderado pela matriz de pesos espaciais.

Os valores do I de Moran superiores a $-1/[1/(n-1)]$ sinalizam autocorrelação espacial positiva, ou seja, altos valores em uma determinada região são agrupados por vizinhos com características parecidas. O índice menor que o valor crítico, indica autocorrelação espacial negativa, ou seja, altos valores estão localizados perto de valores baixos, ou vice-versa (ALMEIDA, 2012).

Ainda conforme o autor supracitado, o diagrama de dispersão de Moran é dividido em quatro quadrantes, sendo eles Baixo-Baixo, Alto-Baixo, Baixo-Alto e Alto-Alto. Assim, é possível identificar o padrão de associação local espacial entre os municípios e os seus vizinhos. Além disso, a reta de inclinação pode ser traçada permitindo identificar possíveis *outliers* e sua influência no valor do I de Moran.

4.3 Modelo Econométrico Espacial

Os modelos econométricos lineares não levam em conta o espaço em seus parâmetros. Com isto, quando um modelo possui em seu contexto teórico e empírico a influência do espaço, o melhor método a ser utilizado é aquele em que se consegue capturar tal efeito. Para isso, no modelo de regressão linear clássico (Equação 1) são inseridos componentes espaciais, tais como Wy , WX , Wu e $W\varepsilon$.

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2)$$

em que, \mathbf{y} é um vetor n por 1 das observações da variável dependente, \mathbf{X} é uma matriz n por k das variáveis explicativas exógenas, $\boldsymbol{\beta}$ é vetor de coeficiente de regressão e $\boldsymbol{\varepsilon}$ é um vetor $n \times 1$ de termos de erro aleatórios identicamente e independentemente distribuídos (i.i.d.).

Para estimar a convergência da produtividade agrícola utiliza-se a seguinte especificação proposta por Almeida et al. (2008):

$$\ln\left(\frac{Rme_t}{Rme_{t-n}}\right) = \alpha + \beta \ln(Rme_{t-n}) + u_i \quad (3)$$

em que, $\ln\left(\frac{Rme_t}{Rme_{t-n}}\right)$ é o logaritmo natural da divisão da renda média agrícola entre os dois anos em análise, $\ln(Rme_{t-n})$ é o logaritmo natural da renda média agrícola no período inicial do estudo e u_i é termo de erro.

Primeiramente, o modelo foi estimado via o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), para se buscar identificar qual a melhor maneira de estimar a Equação (2). Alguns modelos Econométricos-Espaciais são de Defasagem Espacial, Erro Auto-Regressivo Espacial, Erro de Média Móvel Espacial, Componente de Erro Espacial, Defasagem Espacial com Erro Auto-Regressivo Espacial e Regressivo Cruzado Espacial (ALMEIDA, 2012).

Para a identificação do modelo a ser utilizado é necessário seguir alguns procedimentos. Almeida et al. (2008) propõem a estimação do modelo via MQO, testar a hipótese de autocorrelação espacial a partir do erro ou da defasagem espacial, então, se os testes não apresentarem significância, o modelo com maior ajuste é o de regressão clássico por MQO. No entanto, se os parâmetros são significativos é necessário verificar a versão robusta dos testes e analisar a significância estatística para o uso de um modelo de erro espacial ou de defasagem espacial.

4.4 Procedimentos econométricos

A fim de verificar a autocorrelação espacial dos resíduos da regressão é utilizado o teste *I* de Moran. A estatística contempla a soma dos produtos cruzados dos resíduos para as regiões vizinhas (ALMEIDA, 2012). A hipótese nula a ser testada é dada por:

H_0 : resíduos da regressão estimada por MQO são distribuídos aleatoriamente ao longo do espaço;

Para que os resíduos estejam autocorrelacionados e a técnica econométrica espacial se faça necessária, a hipótese nula deve ser rejeitada. Segundo Anselin (2005), três testes básicos devem ser utilizados para analisar a consistência dos parâmetros gerados. Sendo eles: de multicolinearidade, de normalidade dos resíduos (Jaque-Bera) e de heterocedasticidade (Breusch-Pagan, Koenker-Bassett e White).

O teste de Multicolinearidade não é estático, valores superiores a 30 podem ser considerados apropriados ao modelo (ALMEIDA, 2012). O teste Jaque-Bera para verificar a normalidade dos resíduos possui a seguinte definição:

H_0 : A distribuição é normal;

Com isto, caso a hipótese nula do teste seja rejeitada, há a evidência da distribuição dos resíduos não seguir distribuição normal. Para os testes de heterocedasticidade, a hipótese a ser testada é:

H_0 : Variância constante, homocedasticidade;

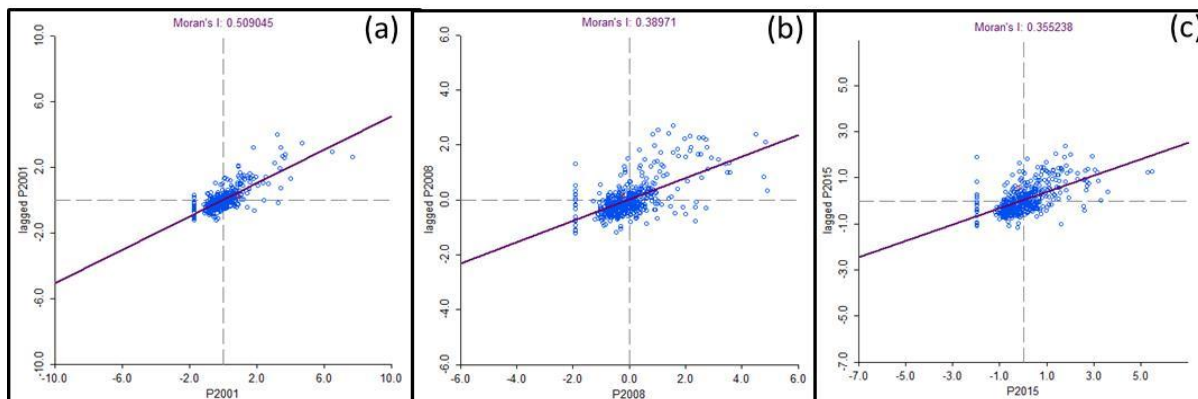
Caso a hipótese nula for rejeitada identifica-se que há heterocedasticidade no modelo. Nos casos em que os resíduos não são normais e o modelo apresenta heterocedasticidade, existe alguns métodos robustos a tais problemas, como o uso de variáveis instrumentais e o modelo do Método dos Momentos Generalizados (MMG).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5 Análise da dependência e *clusters* espaciais

A autocorrelação espacial global univariada foi calculada para a variável produtividade agrícola nos anos de 2001, 2008 e 2015 e pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Estatística I de Moran para a produtividade agrícola nos anos de 2001 (a), 2002 (b) e 2015 (c)



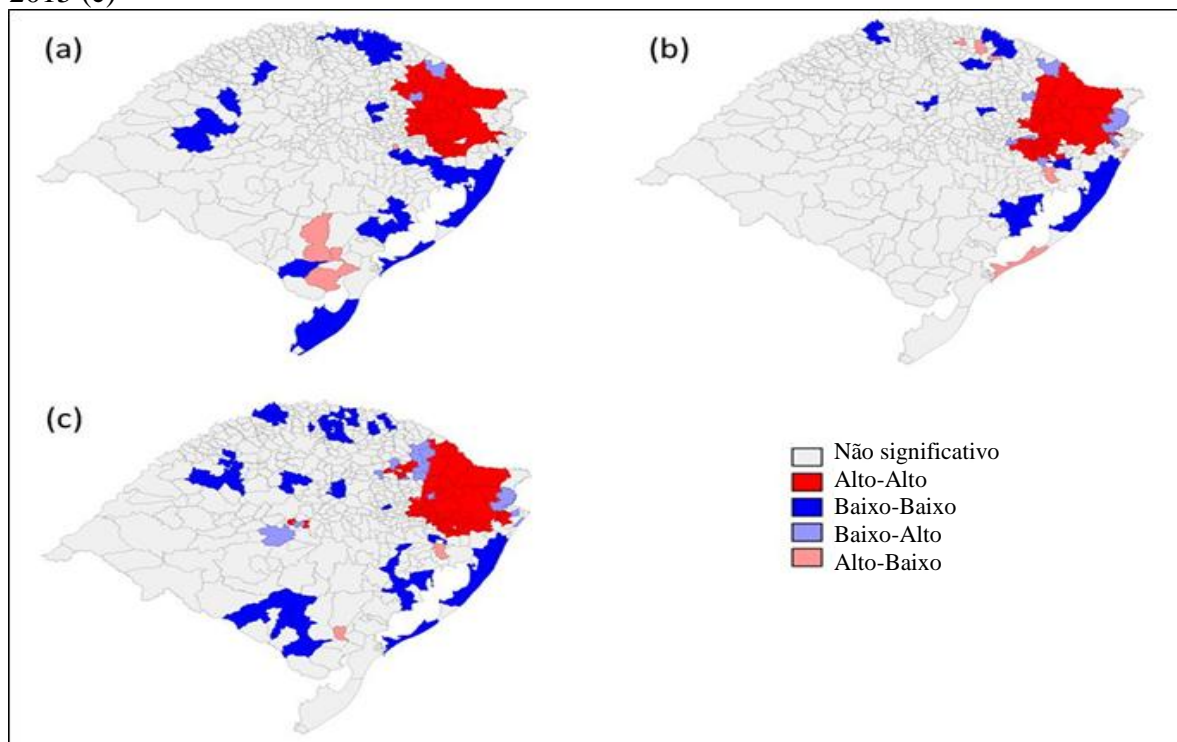
Fonte: dados da pesquisa.

A estatística I de Moran possui um valor esperado de $-0,0021^5$, sendo que nos três períodos analisados o índice calculado é maior que o esperado. Existe uma similaridade entre a produtividade agrícola nos municípios gaúchos, altos valores de produtividade estão localizados próximos de altos valores, ou vice-versa. Segundo Almeida (2012), esse padrão ocorre quando há um efeito transbordamento do fenômeno em estudo, ou seja, quando o valor da produtividade por hectare de um município possui influência em seus vizinhos.

Os padrões globais dos testes muitas vezes não retratam os níveis locais, especialmente, quando se trata de um conjunto maior de observações, como é o caso do presente estudo, pois, podem haver *clusters* que constituem um subconjunto pequeno de municípios em relação ao conjunto total do Rio Grande do Sul. Desta forma, na Figura (2) é apresentado o mapa de agrupamentos LISA, que combina as informações do diagrama de dispersão de Moran e a significância dos grupos locais de I_i .

⁵ O valor tende a zero quanto maior for o número de observações (ALMEIDA, 2012).

Figura 2 – Mapa de clusters LISA dos municípios gaúchos nos anos de 2001 (a), 2008 (b) e 2015 (c)



Fonte: dados da pesquisa.

A análise do mapa (a) da Figura 2, aponta que a um nível de significância estatística de 5%, há um *cluster* no quadrante alto-alto, ressaltado por cor vermelha intenso, composto por cinquenta e um municípios localizados nas microrregiões de Vacaria, Montenegro, Passo Fundo, Gramado-Canela, Porto Alegre e Caxias do Sul.

Para o quadrante baixo-baixo, cor azul mais escuro, é possível identificar seis *clusters*, o primeiro formado na Região Noroeste do estado, principalmente, na microrregião de Erechim e Frederico Westphalen, o segundo agrupamento compreende os municípios de São Francisco de Assis, Santiago, São Miguel das Missões, Catuípe e Chiapeta. O terceiro grupo abrange os municípios de Arvorezinha, Itapuca, União da Serra e Putinga, o quarto *cluster* possui municípios da Região alto se expande Metropolitana de Porto Alegre. O quinto agrupamento é formado por São Lourenço do Sul e Camaquã e o sexto é constituído por Herval e Santa Vitória do Palmar.

Os municípios que possuem autocorrelação negativa são Esmeralda e André da Rocha, os quais possuem baixo valor de produtividade agrícola e são vizinhos do *clusters* alto-alto. E, Piratini, Cerrito e Arroio Grande que possuem valores altos da produtividade, enquanto seus vizinhos são caracterizados por possuírem produtividade agrícola baixa. Sendo que trezentos e oitenta e cinco municípios não possuem valores de *I* significantes.

No mapa (b) da Figura 2, o *cluster* alto-alto para demais cidades das microrregiões já envolvidas no ano de 2001, abrangendo quarenta e nove municípios, o que se nota no ano de 2008, é um aumento das cidades com baixa renda agrícola ao redor deste agrupamento de alta produtividade. O número de municípios com baixa produtividade rodeados por vizinhos com as mesmas características, diminuiu 30%, ao comparar com o mapa (a), os municípios da Região Sudeste e Sudoeste do Rio Grande do Sul não apresentaram significância estatística para este *cluster*.

Os municípios de São José do Norte localizado no Sudeste do Estado e Capão da Canoa da Região Metropolitana de Porto Alegre passaram de baixa produtividade agrícola para alta,

com vizinhos próximos de baixa produção. Isso se deve, fundamentalmente, pelo aumento de 300% na variação de produtividade agrícola destes municípios, entre os anos de 2001 e 2008. Cabe ressaltar, que surgiram dois novos *clusters* baixo-baixo, o primeiro localizado nos municípios de Quinze de Novembro e de Selbach e o outro formado por cinco municípios da Região Noroeste.

O mapa (c) da Figura 2 apresenta dois *clusters* para o quadrante alto-alto. A localização do primeiro agrupamento se concentra na mesma região dos anos analisados anteriormente, abrangendo, em 2015, um número maior de municípios com o valor I de Moran significativo individualmente. O segundo agrupamento é composto pelos municípios de Ivorá e de Dona Francisca localizados na Região Centro Ocidental Rio-Grandense.

O número de municípios pertencentes ao quadrante baixo-baixo, também, aumentou em 2015. Um novo agrupamento surgiu nos municípios de Erval, Caçapava do Sul, Pinheiro Machado e Bagé, localizados no Sudoeste do estado; vizinho a estes municípios, o município de Cerrito possui um alto valor de renda agrícola e compõem o quadrante alto-baixo, junto com Porto Alegre na Região Metropolitana.

Próximo ao novo cluster de municípios alto-alto na Região Central gaúcha, estão localizados os municípios de Faxinal do Soturno e de Santa Maria, com um I de Moran significativo. Estes dois municípios possuem baixa produtividade agrícola e os seus vizinhos possuem características opostas.

5.2 Análise da Convergência absoluta

O modelo de convergência absoluta de produtividade agrícola é apresentado na Equação (2), a sua estimação permite obter o parâmetro β -convergência absoluta da produtividade agrícola dos municípios gaúchos. Para que a hipótese de convergência seja aceita é necessário que o parâmetro β seja negativo, ou seja, os municípios com produtividade agrícola inicial menor terão maiores taxas de crescimento no decorrer dos anos. A Tabela 1, apresenta a estimação do modelo, referente ao método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Tabela 1 – Resultados dos Modelos espaciais para os subperíodos: 2001-2007; 2008-2015, e para o período de 2001-2015

Coeficientes	2001/2007 ⁶	2008/2015 ⁷	2001/2015 ⁸
Constante	- 0,173993 (0,03014)	0,169799 (0,02935)	0,318586 (0,00061)
β	0,213423 (0,0000)	0,021935 (0,01066)	0,107461 (0,0000)
AIC	395,239	357,815	537,783
SC	403,652	366,228	546,196
I de Moran	16,7592 (0,0000)	13,4769 (0,0000)	9,6922 (0,0000)
ML – Erro	272,8007 (0,0000)	169,6301 (0,0000)	90,4709 (0,0000)
ML – Defasagem	153,6161 (0,0000)	166,5760 (0,0000)	65,8578 (0,0000)
MLR – Erro	119,3116 (0,0000)	3,1465 (0,07609)	28,3533 (0,0000)
MLR – Defasagem	0,1269 (0,72163)	0,0924 (0,76114)	3,7401 (0,05312)
Teste Breusch-Pagan	13,9801 (0,00018)	19,1362 (0,00001)	5,9711 (0,01454)
Teste Jarque-Bera	38,1082 (0,0000)	78,5697 (0,0000)	17,6835 (0,00014)

Fonte: dados da pesquisa.

Nos modelos estimados por MQO foi possível verificar a existência de autocorrelação espacial dos erros da regressão, através do teste *I* de Moran, ou seja, há dependência espacial da produção agrícola dos municípios gaúchos. Com isto, volta-se a análise para os valores dos Multiplicadores de Lagrange (LM), a fim de verificar qual é a melhor especificação espacial do modelo. Visto que, para os três períodos analisados o teste LM e LM Robusto do Erro Espacial foram significativos, indicando que o modelo mais apropriado é o de Erro Espacial (*spatial error models* – SEM), conforme estatísticas apresentadas na Tabela 1.

Os testes estatísticos indicados por Anselin (2008) apontaram problemas de não normalidade dos resíduos e heterocedasticidade, conforme podem ser identificados na Tabela 1, pelos teste Jarque-Bera, para testar a normalidade dos resíduos e Breusch-Pagan, para heterocedasticidade. Conforme Almeida (2008), para minimizar tais problemas deve-se proceder com a estimação do modelo SEM, como apresentado na Tabela 2. Os critérios AIC e SC alcançaram valores menores, contribuindo assim para um melhor ajustamento do modelo.

⁶ Matriz de ponderações pelo método de contiguidade rainha.

⁷ Matriz de ponderações pelo método de vizinhos mais próximos.

⁸ Matriz de ponderações pelo método de contiguidade torre.

Tabela 2 - Resultados dos modelos espaciais (SEM) para os subperíodos: 2001-2007; 2008-2015, e para o período de 2001-2015

Coeficiente	2001/2007 ⁹	2008/2015 ¹⁰	2001/2015 ¹¹
Constante	- 0,159605 (0,04735)	0,217128 (0,00709)	0,180031 (0,06871)
α	0,683373 (0,0000)	0,510571 (0,0000)	0,494168 (0,0000)
β	0,209999 (0,0000)	0,0162085 (0,05826)	0,123627 (0,0000)
AIC	198,895	271,408	465,361
SC	207,308	279,821	473,775
Teste Breusch-Pagan	6,2649 (0,01232)	9,3574 (0,00222)	8,1688 (0,00426)

Fonte: dados da pesquisa

Verificado o problema de ausência de normalidade nos erros, a estimação do modelo SEM foi realizada através do método de momentos generalizados (MGM), proposto por Kelejiane Prucha (1990). Tal método prescinde a hipótese de normalidade dos erros, dando maior robustez ao modelo estimado. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados econométricos do MGM, para os subperíodos: 2001/2007, 2008/2015 e 2001/2015

Coeficiente	2001/2007	2008/2015	2001/2015
Constante	-0.1580868 (0.0197171)	0.2152562 (0.0006119)	0.1710861 (0.0212802)
α	0.6546828 (0.0000000)	0.5191370 (0.0000000)	0.4896756 (0.0000000)
β	0.2100601 (0.0000000)	0.0164511 (0.0189527)	0.1248136 (0.0000000)

Fonte: dados da pesquisa.

Como é possível verificar não ocorreram alterações significativas nos valores dos parâmetros, quando comparados as estimações do modelo SEM, apresentados na Tabela 2. Tal fato pode ser explicado devido ao trabalho possuir uma grande amostra.

As estimativas do parâmetro β apresentado nas Tabelas 2 e 3, para todos os períodos analisados, indicou a existência de um padrão de divergência de produtividade agrícola dos municípios gaúchos. O coeficiente α apresenta um valor positivo indicando a significância do uso do modelo espacial.

A partir dos resultados obtidos, foi possível constituir evidências de um modelo de divergência de produtividade agrícola dos municípios gaúchos. Ao comparar as estimativas dos parâmetros entre os subperíodos, observa-se que o valor do parâmetro no período de 2008/2015 chega a quase zero (0.0164511); no entanto, trata-se de um valor significativo e positivo. Dito isto, o estudo aponta queda da divergência de produtividade agrícola dos municípios do Rio Grande do Sul quando se compara os períodos.

Almeida (2012) salienta que os estudos realizados a níveis municipais buscam captar a heterogeneidade, sendo que quando tratados a níveis de microrregiões ou mesorregiões não é

⁹ Matriz de ponderações pelo método de contiguidade rainha.

¹⁰ Matriz de ponderações pelo método de contiguidade rainha.

¹¹ Matriz de ponderações pelo método de contiguidade torre.

possível captar tais características, levando inúmeras vezes a resultados que não rejeitam a hipótese de convergência, quando na verdade ela deve ser rejeitada.

Portanto, diante das diversidades de taxas de crescimento da produtividade agrícola dos municípios do Rio Grande do Sul e suas peculiaridades econômicas e sociais, tornam-se relevantes políticas governamentais que possam vir a contribuir de forma eficiente para os problemas residuais dos municípios. Dado ainda, que há uma quantidade maior de municípios no quadrante baixo-baixo, concentrando principalmente as regiões com menor nível de produtividade agrícola.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou identificar a ocorrência ou não da convergência da produtividade agrícola nos municípios do Rio Grande do Sul, utilizando a técnica de análise espacial.

O diagnóstico exploratório de dados espaciais contribuiu para identificação de autocorrelação espacial global positiva, ou seja, os municípios estão localizados próximos a outros com características produtivas comuns. Além disso, a análise LISA *cluster* possibilitou a visualização dos municípios com alta correlação positiva e negativa.

No decorrer dos períodos analisados, as principais mudanças identificadas foram relacionadas ao quadrante baixo-baixo. No ano de 2008, havia menos municípios com tal característica, sendo que no ano de 2015, as principais regiões que passaram a compor o padrão baixo-baixo aumentaram significativamente; estando essas localizadas nas Regiões Norte, Noroeste, Centro-Oeste e Sudoeste do Rio Grande do Sul. O *cluster* composto pelos municípios do quadrante alto-alto está localizado nas Regiões de Vacaria, Montenegro, Passo Fundo, Gramado-Canela, Porto Alegre e Caxias do Sul.

Ao contrário dos estudos já realizados para a convergência da renda do estado, o modelo econométrico espacial captou a tendência de divergência da produtividade agrícola dos municípios gaúchos, rejeitando a hipótese do trabalho de não convergência da produtividade. No entanto, os parâmetros estimados sugerem uma queda da divergência entre os subperíodos de 2001 a 2015. Dessa forma, sugere-se a realização de estudos que analisem o processo de convergência condicional, para que seja possível identificar as possíveis causas e fatores que contribuem para desigualdade na produtividade do estado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S. **Função de Produção Agropecuária Espacial**. Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), Ribeirão Preto, 2005.
- ALMEIDA, E. S. **Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?**. Revista de Economia e Sociologia Rural, V. 46, 2008.
- ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. 1 ed. Campinas: Editora Alínea, 2012.
- ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDa : A Workbook**. Copyright, 2005.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/>, 2017.
- BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. “Convergence”, Journal of Political Economy. 100(2), p.223-251, 1992.
- BARRO, R. J.; SALA-I-MARTIN, X. Convergence across states and regions. Brookings Papers on Economic Activity, 0, 29-51, 1991.

BAUMOL W.J. Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show. *American Economic Review*, 54, 1986.

BAUMONT C.; ERTUR C.; LE GALLO J. “**Spatial Convergence Clubs and the European Regional Growth Process, 1980-1995**”, in Fingleton B. (ed.), *European Regional Growth*, Springer Verlag, Berlin, pp. 131-158, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Valor Bruto da Produção da Agropecuária. Brasília, DF, 2015.** Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BUENO, R. de L. da S. 2011. **Econometria de Séries Temporais**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, p. 325.

DALL’ERBA, S. Productivity convergence and spatial dependence among Spanish regions. Texto para discussão REAL/UIUC, Illinois, 2003.

ESPERIDIÃO, F. Capital Humano e convergência na região sul: uma análise a partir das microrregiões. **Tese**. Programa de Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento Econômico – CMDE da Universidade Federal do Paraná, 2008.

FEEDADOS. Fundação de Economia e Estatística. **Dados e Mapas**. Disponível em: <<http://feedados.fee.tche.br/feedados/>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

FEE. Painel do Agronegócio no Rio Grande do Sul- 2015. Disponível em:<<http://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/20150903painel-do-agronegocio-no-rs-2015.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017

FERREIRA, P.C; ELLERY JÚNIOR, R.G. Convergência entre a renda per capita dos estados brasileiros. *Revista de Econometria*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 83-103, 1996.

FOCHEZATTO, A. e STÜLP, V. J. Análise da convergência da produtividade da mão-de-obra agropecuária entre os estados brasileiros: aplicação de matrizes de Markov, 1990-2000. *RESR*, Piracicaba, SP, v. 46, n. 03, p. 739-765, jul./set. 2008.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2008. 6 ed. 1178 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> , acessado em 07 fev. de 2017.

LOPES, J. L. Avaliação do processo de convergência da produtividade da terra na agricultura brasileira no período de 1960 a 2001. Tese de Doutorado, ESALQ/USP, 2004.

MAGALHÃES, A. HEWINGS, G. J. D. AZZONI, C. R. Spatial dependence and regional convergence in Brazil. Texto para discussão, REAL/UIUC, Illinois, 2000.

MONASTERIO, L. M., ÁVILA, R. P. **Uma análise espacial do crescimento econômico no Rio Grande do Sul, 1939 – 2001**. *Revista de Economia*, Brasília- DF, V. 5, n.2, p. 269-296, 2004.

OLIVEIRA, A.C; JACINTO, P. DE A; GROLLI, P.A. Crescimento econômico e convergência com a utilização de regressões Quantílicas: Um estudo para os municípios do Rio Grande do Sul — 1970-01. **Ensaios FEE, Porto Alegre**, v. 28, Número Especial, p. 671-700, 2008

PORSSE, A. Dinâmica da desigualdade de renda municipal no Rio Grande do Sul: evidências da análise estatística espacial. Texto para discussão FEE nº 42, out. 2008.

RAIHER, A.P et. al. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. **RESR**, Piracicaba-São Paulo, Vol. 54, Nº 03, p. 517-536, Jul/Set 2016

REY, S. J.; MONTOURI, B. D. US Regional income convergence: a spatial econometric perspective. **Regional Studies**, v. 33, n. 2, pg. 143-156, 1999.

ROMER, D., *Macroeconomía Avanzada*, Ed. MC Graw Hill, 3ª edição, 2006.

SÁ BARRETO, R.C; ALMEIDA, E. A contribuição do capital humano para crescimento econômico e convergência espacial do PIB per capita no Ceará. **Economia do Ceará em Debate**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2008

SALA-I-MARTIN, X. The Classical Approach to Convergence Analysis. In: ALVES, Luiz Fernando; FONTES, Rosa. *Convergence Clubs in Minas Gerais State, Brazil*. Disponível em: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=276905. Acessado em: 21/10/2008.

SOLOW, R. M. A Contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, p. 65-94, 1956.