



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# CONVERGÊNCIA E DINÂMICA AGROPECUÁRIA: UMA ANÁLISE ESPACIAL ENTRE OS ANOS DE 1990 E 2013<sup>1</sup>

*Walberti Saith<sup>2</sup>*

*Eder Luís Tomakazu Kamitani<sup>3</sup>*

**Resumo:** O crescimento da agropecuária tem sido alvo de diversas pesquisas que destacam a crescente importância desse setor na região Norte. A geografia econômica tem mostrado que fenômenos econômicos podem apresentar dependência espacial, principalmente se considerarmos o efeito difusão. O objetivo deste trabalho é verificar a existência de *clusters* espaciais da agropecuária nas microrregiões brasileiras, com enfoque nas variáveis pecuária, lavouras permanentes e temporárias, nos anos de 1990 e 2013. A metodologia utilizada foi a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) por meio do cálculo do índice *I* de Moran, global e local, além da análise de *clusters*. Os resultados mostram autocorrelação espacial na agropecuária entre as microrregiões brasileiras, nas dimensões das variáveis aqui pesquisadas. Há evidências também de uma migração dessas produções no sentido do Sul e Sudeste para as regiões Centro-Oeste e Norte. Os modelos econométricos estimados mostram um forte efeito espacial na produção pecuária nas microrregiões brasileiras e a convergência espacial na produção pecuária brasileira.

**Palavras-chave:** *Clusters*, Agropecuária, Dados espaciais.

1 Recebido em 11/05/2015; Aceito em: 15/09/2016.

2 Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Doutorando em Economia Aplicada Universidade Federal de Viçosa - UFV. E-mail: walberti.saith@gmail.com.

3 Mestre em Economia, Economista Eletrosul. E-mail: eder.kamitani@eletrosul.gov.br

**Abstract:** The growing of agricultural has been object of many researches that highlights the importance of this sector in North region. The economic geography has showed that economics phenomenon can present spatial dependence, mainly considered the diffusion effect. The objective of this work is to verify the existence of spatial cluster of agriculture in the Brazilians microregions, with emphasis in role of the variables livestock cattle and permanent and temporary crops for de years of 1990 and 2013. The methodology used was the explorative analyze of spatial data (EASD) by calculation of I Moran index global and locally and clusters analyzes. The results show the existence of spatial autocorrelation in the agricultural among Brazilian microregions, in the variables research in this study. The also evidence of a migration of these productions from South and Southeast regions to Middle-west and North regions. The estimated econometric models show the existence of a strong spatial effect on livestock production in Brazilian micro-regions. These also show the existence of spatial convergence in the Brazilian livestock production.

**Keywords:** Cluster, Agricultural, Spatial data.

**Classificação JEL:** B23, Q10, R12

## 1. Introdução

O Brasil pode ser considerado um dos principais agentes do agronegócio mundial. A abundância de terras, o fator climático e a boa qualidade dos solos podem ser considerados fatores naturais que propiciam a atividade agrícola em larga escala no Brasil. O desenvolvimento de novas tecnologias tem permitido o aumento de produtividade da agricultura, tornando-a viável até mesmo em solos empobrecidos e acidentados.

A intensificação do uso de terras faz com que os solos se esgotem, tornando necessária a busca de novas áreas agricultáveis. Após o desenvolvimento agrícola das regiões Sul e Sudeste, houve progressiva expansão da produção agropecuária para as regiões Centro-Oeste e Norte. A região Norte frequentemente é denominada como a Nova Fronteira Agrícola, por ser a área de desenvolvimento agrícola mais recente.

A produção agropecuária permanece relevante na economia brasileira no século XXI. O agronegócio foi responsável por 46,2% das exportações brasileiras em 2015, conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015). Além disso, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio responde por cerca de 22% do PIB brasileiro (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA -CEPEA, 2015). A exportação de gêneros agropecuários permanece como porção significativa da pauta de exportações, mesmo após a intensificação da industrialização da economia brasileira. Em 2015, os principais produtos exportados oriundos do agronegócio foram aqueles provenientes do complexo soja, do complexo sucroalcooleiro, produtos florestais e cereais, farinhas e preparações (MAPA, 2015).

Pela importância do agronegócio para a economia brasileira, é fundamental ter ciência de suas características e de seus padrões atuais de crescimento. Além disso, deve-se pensar e compreender os eventuais impactos que a expansão agropecuária para a região Norte terá sobre o ecossistema Amazônico para que políticas públicas mais eficientes possam ser desenvolvidas, minorando o impacto negativo que pode comprometer o meio ambiente e os indivíduos dele dependentes.

No entanto, há uma lacuna na literatura que versa sobre a expansão agropecuária brasileira em termos de se considerar a ótica espacial dos dados. Estudos empíricos apontam o fator locacional como grande influência na determinação da dinâmica de variáveis densas geograficamente. Na agropecuária, um dos fenômenos mais importantes do ponto de vista da análise espacial é o *spillover* de tecnologias ligadas à produção, ou seja, da difusão tecnológica do ponto de vista do espaço. Esse processo de difusão pode levar à dependência espacial ou autocorrelação (ALMEIDA, 2012), cujos efeitos podem ser notados nas vizinhanças de uma unidade espacial analisada. Em estudos que tratam da expansão agropecuária, é relevante conhecer a dependência espacial, ou seja, o grau em que um resultado em um local é dependente dos resultados em locais vizinhos (LESAGE; PACE, 2009). Além disso, é fundamental ter ciência da variabilidade espacial de determinada relação

entre as variáveis que, muitas vezes, pode ser negligenciada em modelos globais (FOTHERINGHAM et al., 2002).

Uma das principais formas de compreender os padrões de associação espacial é por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais - AEDE. Almeida (2012) define o AEDE como uma coleção de técnicas estatísticas de informação geográfica para identificar padrões espaciais tais como aglomerações denominadas *clusters*.

O objetivo deste trabalho é analisar a dinâmica espacial da agricultura brasileira nos anos de 1990 e 2013, observando os padrões de associação espacial. Mais especificamente, pretende-se verificar a existência de *clusters* da pecuária, assim como das lavouras temporárias e permanentes entre as microrregiões do Brasil. Para cumprir tal propósito, empregarse-á a análise exploratória de dados espaciais. Dessa forma, poderão ser oferecidas informações e bases para que políticas públicas mais efetivas sejam orientadas ao setor, considerando não só mecanismos que possam dinamizar o agronegócio, mas que também constituam estratégias sustentáveis, diminuindo os danos sobre a Amazônia Legal.

## 2. Referencial Teórico

A agropecuária brasileira é eminentemente extensiva no uso de terras. Após saturação do uso de terras das regiões Sul e Sudeste, buscaram-se novas extensões territoriais, avançando em direção às regiões Centro-Oeste e Norte. A Figura 1 mostra a evolução da pecuária bovina no período de 1980 a 2014, denotando o crescimento das Novas Fronteiras Agrícolas. Nota-se que as regiões Centro-Oeste e Norte apresentam as maiores concentrações de bovinos em 2014. Deve-se destacar que a expansão do rebanho bovino para a região Norte foi a que apresentou maior crescimento, visto que, em 2014, ele era quase treze vezes maior que o observado em 1980.

Em contrapartida, a região Sudeste, que tinha o maior rebanho no início do período analisado, mostrou um decréscimo robusto, caindo para a terceira posição nos anos 2000. A estagnação sugere que o limite do uso dos recursos foi atingido, a ponto de promover rendimentos decrescentes dos fatores de produção. Além disso, novas práticas e tecnologias associadas à produção bovina podem ter permitido e facilitado a expansão da produção para outras regiões brasileiras, tais como o Centro-Oeste e Norte.

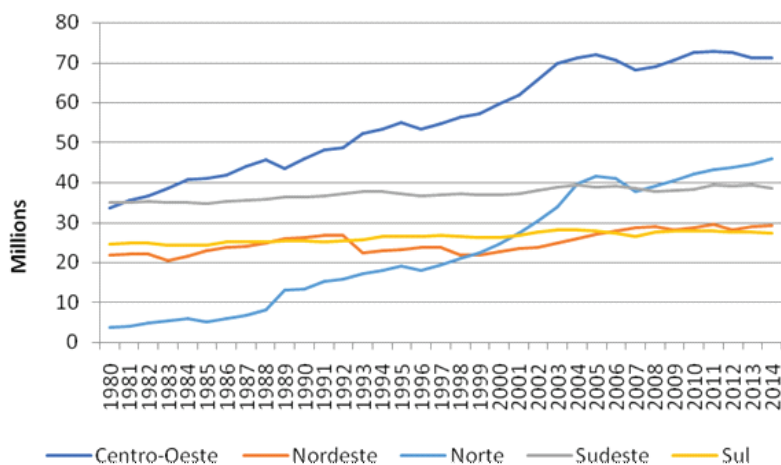


Figura 1 – Evolução da Pecuária Bovina nas Regiões Brasileiras de 1980 a 2014.

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2015).

Outro fator importante para propiciar a expansão do rebanho bovino para as regiões Centro-Oeste e Norte foi o custo da terra. Souza (2005) salienta que um dos principais atrativos para o avanço da pecuária na região do Norte é o baixo custo da terra, comparado ao resto do país. Esta vantagem comparativa é válida para outras culturas como a soja. A expansão de lavouras temporárias, decorrentes da terra mais barata, impulsiona a expansão da pecuária, ocorrendo economia de escopo pelo desenvolvimento de ambas.

Compreender os agentes econômicos e sua relação com o espaço é fulcral para entender a redistribuição espacial na agropecuária brasileira, bem como compreender a transição das fronteiras agropecuárias.

### 2.1 A teoria econômica e o espaço

Embora a análise econômica tradicional costume negligenciar a dimensão espacial, são cada vez mais frequentes estudos envolvendo o espaço em suas análises, seja utilizando metodologias aplicadas à economia regional, seja envolvendo ferramentas da econometria espacial. Considerar o espaço na análise econômica é remover uma potencial fonte de distorção no estudo de determinado fenômeno econômico.

Os esforços teóricos incipientes da teoria da localização são bastante antigos. O modelo de Von Thünen (1826) é considerado um dos precursores da análise da localização na atividade econômica (FUJITA *et al.*, 2002). Este modelo supunha uma cidade isolada, abastecida por fazendeiros da zona rural que a circundava. As plantações seriam bem heterogêneas, diferindo em rendimentos por acre e custos de transporte. As diferenças das propriedades e dos retornos da produção definiriam um gradiente de aluguel, ocorrendo aluguéis de terra mais baixos em terras mais distantes dos centros urbanos e/ou de menos fertilidade, endossando a teoria sobre rendas da terra de David Ricardo.

Marshall (1982) apontava a vantagem de determinadas localizações de indústrias, não só pelas disposições naturais, mas também pelos efeitos de economia de aglomeração. A emergência de uma atividade numa localidade reforça as habilidades técnicas da população, assim como da população da unidade geográfica adjacente. Contudo, o surgimento de facilidades que tornem propícias as trocas de ideias entre regiões distantes ensejaria um novo desenho dessa dinâmica de localização de indústrias.

Mais do que tratar da localização da indústria, Marshall define vagamente a ideia subjacente aos *spillovers* tecnológico–produtivos.

As externalidades tecnológicas, em Marshall, partem do princípio de que o conhecimento é algo que se espalha na atmosfera entre distritos, sem custos para os usuários que o obtiverem ou usá-lo, sem custos de comunicação e transação (ANTONELLI, 2010). A ausência de custos e fricções na transmissão desse conhecimento é bem característica de sua filiação neoclássica, cabendo destacar que a correlação entre distância e *quantum* de conhecimento reflete uma economia de aglomeração.

A economia regional e urbana surge no século XX, sendo Walter Isard um dos pioneiros. Conforme Souza (2005), a economia regional abarca a introdução do espaço na análise econômica e o estudo de problemas localizados que envolvem separação espacial e tem como fato motivador o crescimento das cidades, migrações rurais-urbanas e intraurbanas, a concentração da atividade econômica e os desequilíbrios daí resultantes.

Para Isard (1956), a economia regional deve tratar da localização das atividades econômicas, da organização e distribuição do espaço, das interações entre regiões e pró-desenvolvimento regional.

North (1955) analisa a relação entre as teorias da localização vigentes na época e o desenvolvimento econômico nos Estados Unidos. Havia o consenso de que o desenvolvimento de uma região era iniciado por uma economia de subsistência e evoluía para uma economia mais madura através do desenvolvimento da agricultura num maior volume e a transição para a manufatura e indústrias, ou seja, para uma economia mais diversificada. Acreditava-se num desenvolvimento linear, com etapas consolidadas, impossíveis de serem abreviadas. North afirma que uma região pode se desenvolver sem ter passado por alguns estágios rudimentares. A região se desenvolve conforme sua capacidade de exportação, sendo necessário avaliar os fatores locais que fazem com que aquela atividade econômica se desenvolva na localidade em análise.

A econometria espacial surge na década de 1970, fruto dos desenvolvimentos estatísticos e econométricos das ciências econômicas, bem como do aprofundamento dos estudos relativos ao espaço econômico. Ainda que se tenha convencionado a década de 1970 como o período



em que a pedra angular da econometria espacial tenha sido edificada, em 1966 Ludovic Lebart publicou um estudo econômico utilizando o índice *G* de Geary (PAELINCK, 2005), considerado um dos primeiros índices de correlação espacial.

Os problemas de dependência espacial e heterogeneidade espacial, ou seja, dos efeitos espaciais, passaram a ser objeto de investigação utilizando ferramentas econométricas. Conforme Anselin (2009), “*the subject of spatial econometrics is defined as ‘a subset of econometric methods that is concerned with aspects present in cross-sectional and space-time observations’*”.

O desenvolvimento de *softwares* mais sofisticados tem permitido a construção de modelos espaciais mais complexos, possibilitando melhor visualização da interação econômica entre as regiões, particularmente útil à Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). A visualização dos dados permite a detecção de suas propriedades essenciais (HAINING, 2003).

## 2.2 Fronteiras agropecuárias brasileiras

A transição da fronteira agropecuária brasileira está relacionada tanto à dinâmica econômica dos principais polos econômicos brasileiros quanto às políticas para ocupação territorial. Enquanto o processo de ocupação territorial aumentou a extensão dos mercados, o fortalecimento dos polos econômicos ensejou a exploração de novas áreas, estabelecendo uma relação bidirecional entre o processo de ocupação e o fortalecimento dos polos já consolidados. Ambos os processos deslocam as fronteiras agropecuárias.

Margulis (2003) assinala a existência de dois tipos de fronteira agropecuária: a especulativa e a consolidada. Embora a diferença entre as duas seja eminentemente temporal, isto é, uma fronteira especulativa potencialmente se tornará fronteira consolidada, nota-se diferença nos

agentes econômicos envolvidos. A fronteira especulativa usualmente é composta por pequenas propriedades, com produção de subsistência e uso de tecnologias defasadas. Por sua vez, a fronteira consolidada tem agentes com menor aversão ao risco, com mais capital e tecnologia para produção agropecuária comercial em maior dimensão.

A agropecuária se desenvolveu no Centro-Oeste antes da Região Norte, principalmente pela contiguidade. Conforme Vieira *et al.* (2005), as políticas de infraestrutura e colonização adotadas na década de 1960 permitiram fluxo migratório de capitais e tecnologia necessários à produção agropecuária.

A ocupação e o desenvolvimento tiveram início em Mato Grosso do Sul e Goiás e se estenderam a Mato Grosso. A construção de Brasília atraiu fluxos populacionais, cuja influência no desenvolvimento agropecuário foi a formação de oferta para o mercado regional. A fronteira agropecuária consolidada do Centro-Oeste começa com o abastecimento do mercado interno e recebe forte impulso do Programa de Desenvolvimento de Cerrados (POLOCENTRO), programa pertencente ao II PND.

O POLOCENTRO, segundo Faria *et al.* (2010), foi fundamental para inserir o cerrado nas áreas produtivas, pois munuiu os agricultores e pecuaristas da região de farto crédito, além de edificar estruturas e instituições para fomentar a produção e a pesquisa. Nesse período, os grandes e médios produtores passaram a capitanear o processo de expansão, por causa dos novos padrões agrícolas, que demandavam mais capital e tecnologia.

A expansão da fronteira agropecuária rumo à região Norte dependeu também do êxito da agropecuária na Região Centro-Oeste. Contudo, o desenvolvimento da malha viária em direção à região Norte foi de suma importância para que os agentes econômicos da região Centro-Oeste iniciassem a expansão da produção agropecuária comercial em direção àquela região, dada a redução dos custos de transporte (MARGULIS, 2003).

O desenvolvimento da fronteira agropecuária amazônica na segunda metade do século XX, conforme Taufner Jr. e Silva (2012), privilegiou os interesses do grande capital. O processo de ocupação iniciado há muito tempo, decorrente de ciclos econômicos anteriores como o da borracha, havia formado a fronteira especulativa, pouco capitalizada, essencialmente voltada para a subsistência e para o extrativismo. O crescimento da agropecuária no Centro-Oeste estimulou o desenvolvimento da fronteira consolidada da Região Norte.

Na medida em que uma fronteira se consolida, os agentes econômicos com maior dotação de capital e tecnologia promovem a busca por novas oportunidades produtivas de forma mais intensa e dinâmica. Antes da consolidação da fronteira, agentes com menor aversão ao risco se estabelecem em novas áreas, algumas vezes em áreas não contíguas à fronteira especulativa.

A expansão dependerá dos agentes econômicos, dos custos da terra e dos processos de ocupação. A verificação gráfica via Análise Exploratória de Dados Espaciais pode lançar uma nova luz sobre as fronteiras agropecuárias brasileiras.

## 2. Metodologia

As variáveis utilizadas neste estudo foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015). Foram utilizadas como variáveis rebanho bovino medido em número de cabeças por microrregião, área destinada à colheita em hectares de lavouras permanentes e área plantada medida em hectares da lavoura temporária.

O mapa das microrregiões brasileiras também foi obtido por meio do IBGE (2015). A manipulação dos mapas, *shape files*, foi feita com auxílio do *software Open geoda* e as estatísticas espaciais *I* de Moran, *LISA* e *cluster* foram calculadas através dos pacotes econométrico-espaciais do *software R*.

Existem na literatura diversas formas de se calcular a autocorrelação espacial<sup>4</sup>, sendo o índice usado para testar a existência de autocorrelação espacial, no presente trabalho, a estatística  $I$  de Moran, por ser a mais aceita e utilizada. Formalmente, essa estatística é dada pela seguinte equação:

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

em que  $Y_i$  é a variável estudada nas regiões  $i$  e  $j$ ;  $\bar{Y}$  é a média dessas variáveis; e  $W_{ij}$  é a matriz de pesos espacial utilizada. Esse índice é usualmente representado num gráfico de dispersão composto por quatro quadrantes, cada um representando um regime de associação espacial.

A matriz de pesos espaciais denota a relação de contiguidade entre unidades geográficas, de modo a medir as interações espaciais globais e locais. Neste contexto, contiguidade pode ser entendida como uma relação de vizinhança expressa de diversas maneiras, desde o mero cômputo da distância física entre as localidades até profundas relações socioeconômicas entre as localidades. A contiguidade entre as unidades geográficas é medida por códigos binários, usualmente 1 e 0, em que 1 representa a porção da unidade geográfica em que ocorre a relação de contiguidade e 0 indica ausência desta relação.

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ e } j \text{ são contíguos} \\ 0 & \text{se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos} \end{cases} \quad (2)$$

Obviamente,  $w_{ij} = 0$ , para que nenhuma região possa ser vizinha de si mesma. Assume-se que os termos da diagonal principal da matriz  $w$  sejam nulos. A forma da matriz de pesos espaciais permite representar espacialmente a variável analisada em uma região e como esta mesma variável influencia as adjacências.

<sup>4</sup> A estatística  $c$  de *Geary* também pode ser utilizada bem como o a estatística  $G$  de *Getis-Ord*

A relação de contiguidade a ser considerada depende do tipo de matriz a ser adotada. Podem-se adotar matrizes que fazem uma alusão aos movimentos das peças do jogo de xadrez, de modo que as convenções mais utilizadas recebem o nome de rainha, bispo ou torre.

Muitas vezes, uma região tem um número muito grande de vizinhos se comparados a outros próximos. Para superar essa dificuldade, pode-se utilizar uma matriz que considere os  $n$  vizinhos mais próximos. Em ambos os casos, o critério adotado é o geográfico, em que são consideradas as fronteiras de cada região.

Uma maneira mais completa de análise espacial é dada pelos Indicadores Locais de Associação Espacial, ou estatísticas *LISA* (*Local Indicator of Spacial Association*), comumente dada pelo  $I$  de Moran local. A estatística *LISA*<sup>5</sup> assume importância principalmente porque as estatísticas globais podem não revelar padrões locais de associação linear.

Anselin (1995) afirma que o indicador espacial permite verificar a importância de agregação em *clusters* espaciais, havendo valores análogos em torno de uma observação. Sendo o *LISA* estatisticamente significativo, é possível verificar a existência de *clusters* espaciais.

A análise dos índices espaciais locais remete ao gráfico de dispersão de Moran (Figura 2). O primeiro quadrante representa o regime do tipo Alto-Alto, em que uma região com um aumento da variável estudada é cercada por uma região com também alto valor dessa mesma variável. O terceiro quadrante mostra as regiões com um baixo valor da variável em estudo cercada por regiões com também baixo valor desta variável.

---

5 A significância estatística desse segundo atributo é aferida pela forma SAGE, 1999).

$$\text{Prob} [\Lambda > \delta] \leq \alpha_{(LE)}$$

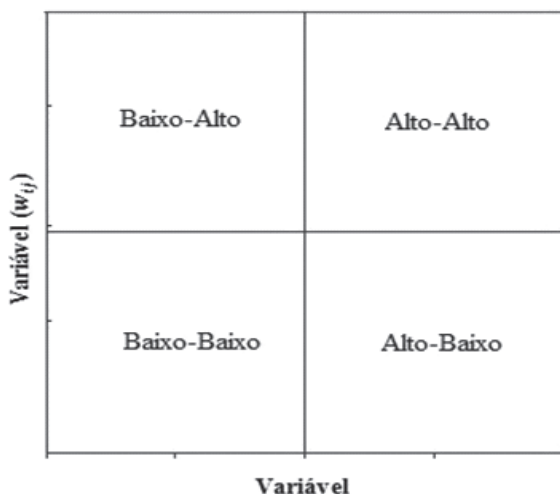


Figura 2 – Diagrama de Dispersão de Moran

Fonte: Elaboração própria.

O segundo e quarto quadrantes são conhecidos como regiões de transição. No caso do segundo quadrante, temos uma região com alto valor da variável estudada cercada por regiões com baixo valor desta variável. O quarto quadrante apresenta um comportamento oposto, ou seja, uma região com baixo valor, cercada por regiões com alto valor da variável estudada.

Uma forma de verificar a existência da convergência do rebanho bovino das regiões Sudeste e Centro-Oeste para a região Norte é por meio da metodologia de *beta* ( $\beta$ ). Essa metodologia foi proposta inicialmente por Baumol (1986) para análise de convergência de renda. Neste trabalho, será estimado um modelo que segue a especificação proposta por essa metodologia com a seguinte forma:

$$\ln(PEC_{2013}) - \ln(PEC_{1990}) = \alpha + \beta \ln(PEC_{1990}) + \varepsilon_i \quad (3)$$

em que  $(Y/N)_{i,t}$  é o logaritmo natural da renda *per capita*;  $i$  representa as diversas regiões;  $t$  é o indicador de tempo geralmente anos; e  $\varepsilon$  é o termo de erro. Essa metodologia mede a velocidade de convergência em que a região se aproxima de seu estado estacionário. Quanto maior o parâmetro  $\beta$ , mais rápida é a trajetória de convergência. Pode-se também dividir a convergência em duas partes: absoluta e condicional. A absoluta ocorre quando as variáveis em estudo estão convergindo para um mesmo estado estacionário, neste caso  $\beta$  será negativo. Tal resultado indica que as regiões com rendas iniciais maiores teriam menores taxas de crescimento, ao passo que regiões com maiores taxas de crescimento teriam renda inicial menor. Já a convergência condicional mede quando as economias convergem para seus próprios estados estacionários.

Portanto, a primeira mede se a desigualdade está diminuindo e a segunda mede se essa diferença está aumentando, sendo tais análises distintas, mas complementares de um mesmo fenômeno.

## 2. Resultados

Para a análise das interações espaciais, é necessário definir primeiramente a matriz de pesos espaciais, ou seja, o critério de contiguidade a ser adotado por meio do índice global  $I$  de Moran. A Tabela 1 mostra algumas matrizes de pesos espaciais usadas e seus respectivos índices  $I$  de Moran, para todas as variáveis analisadas.

Todas as matrizes calculadas são estatisticamente significativas, comprovando a existência de autocorrelação espacial. Em todos os casos, a autocorrelação encontrada é acima de 50%.

A matriz de pesos espaciais adotada é a convenção torre, sendo o índice de Moran de 66,51% e 67,94% para os anos de 1990 e 2013, respectivamente. Esse resultado indica que regiões com alto número de

rebanho bovino são circunscritas por microrregiões com alto número de rebanho bovino. Embora pequeno, há um aumento da autocorrelação espacial entre os anos pesquisados.

Tabela 1 – Estatística das matrizes de pesos espaciais

Matriz de pesos	<i>I</i> de Moran	
	Pec_1990	Pec_2013
Rainha	0,6652*	0,6785*
Torre	0,6651*	0,6794*
4 vizinhos	0,5739*	0,6179*
5 vizinhos	0,5520*	0,6156*
6 vizinhos	0,5407*	0,5980*

Fonte: Elaboração própria.

\*Nota: pseudo significância baseado em 499 permutações aleatórias.

Como destacado anteriormente, esses padrões globais de associação espacial podem não detectar a existência de relações de dependência espacial localmente. Para tal, é feita a análise da estatística *LISA*. O registro gráfico em mapa evidencia o comportamento das variáveis.

A autocorrelação espacial pode ser representada por meio de um gráfico de dispersão em que cada quadrante representa um padrão de associação espacial. As microrregiões dentro de um mesmo quadrante formam um *cluster*. Tal padrão pode ser inserido num mapa, possibilitando uma análise melhor. Os *clusters* da pecuária foram estimados com base na matriz do tipo torre (Figura 3).



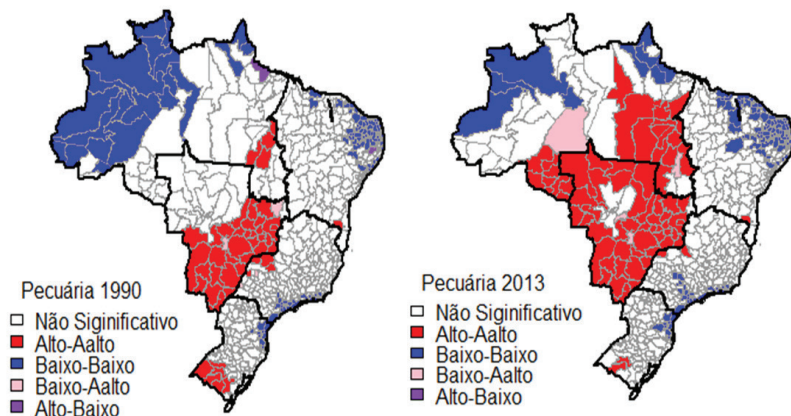


Figura 3 – *Clusters* de Pecuária Bovina no Brasil de 1990 e 2013

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2015).

A Figura 3 mostra o crescimento expressivo da pecuária bovina na região Norte e Centro-Oeste. O Rio Grande do Sul manteve um *cluster* do tipo Alto-Alto. O estado de Rondônia que, em 1990, tinha uma pecuária pouco significativa, em 2013, se apresentava em sua totalidade como uma região do tipo Alto-Alto. Comportamento semelhante foi apresentado pelos estados do Pará e Tocantins.

Entre os estados que compõem a região Centro-Oeste, apenas algumas microrregiões não indicaram uma pecuária significativa<sup>6</sup>. Isto evidencia o avanço acelerado da pecuária em direção à região Norte, ocorrendo o deslocamento de fatores de produção e difusão de tecnologias. O crescimento de lavouras temporárias no interior do Centro-Oeste impulsiona a pecuária, pela complementaridade entre lavoura temporária e pecuária.

O grande produtor pecuarista da região Centro-Oeste tem sua fronteira consolidada em Goiás e na porção inferior do Mato Grosso. A agropecuária nortista apresentava padrão Baixo-Baixo, em 1990, tal como se espera de uma fronteira especulativa.

<sup>6</sup> Isso não implica que não exista tal variável na região, mas que ela não apresenta nenhum tipo de associação espacial.

Em 2013, nota-se que Pará, Rondônia e o norte do Mato Grosso passaram a apresentar *clusters* Alto-alto. Isso indica que não só houve deslocamento da fronteira em direção à região Norte, como também mostrou que isso ocorreu de forma consistente, por agentes econômicos com capital e tecnologias.

A parte mais setentrional do Norte permanece apresentando padrão Baixo-Baixo, devido à logística difícil e à menor intensidade tecnológica de sua produção pecuária, ou seja, além de a produtividade ser baixa, a dificuldade de escoar a produção é um óbice para o aumento do rebanho e prejudica a rentabilidade do produtor.

Em decorrência da migração da pecuária bovina, pode ter ocorrido mudança nas áreas dedicada às lavouras temporárias. A Figura 4 mostra os *clusters* das lavouras temporárias para os anos de 1990 a 2013.

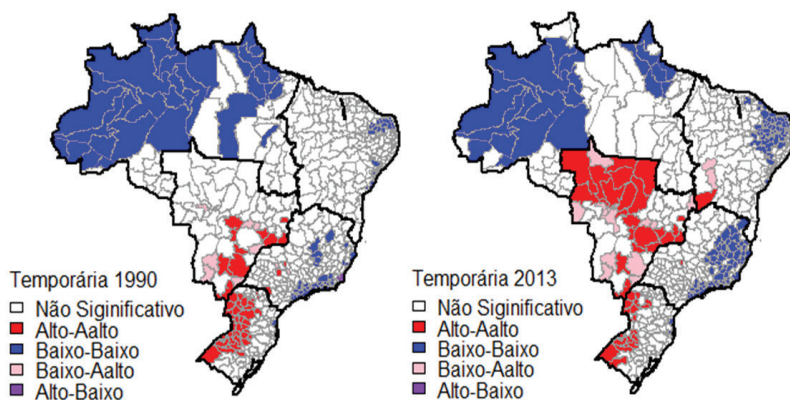


Figura 4 – *Clusters* de Lavoura Temporária no Brasil de 1990 e 2013

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2015)

Há um aumento do *cluster* do tipo Alto-Alto de um modo geral, mas principalmente nas microrregiões do Centro-Oeste. Todavia, esse aumento apresenta menor intensidade do que o verificado para a pecuária, ao passo que o mesmo tipo de *cluster* diminuiu na região Sul. A diminuição da

correlação espacial na produção agrícola para região Sul e Sudeste pode indicar o enfraquecimento da difusão espacial da tecnologia, bem como redução dos ganhos de economia de aglomeração. Isso não denota perda de dinamismo, mas sim provimento de infraestrutura e capital, de modo que os ganhos de produtividade decorrentes da proximidade ficam reduzidos.

Em 1990, os *clusters* Baixo-Baixo estavam no Acre, Amazonas, Roraima, Amazonas, interior da Bahia, norte de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Sudoeste, Sul e Litoral do Paraná, Santa Catarina e Oeste do Rio Grande do Sul. Os *clusters* Alto-Alto estão concentrados na Região Sudeste. A Figura 5 mostra os *clusters* para ambos os anos pesquisados.

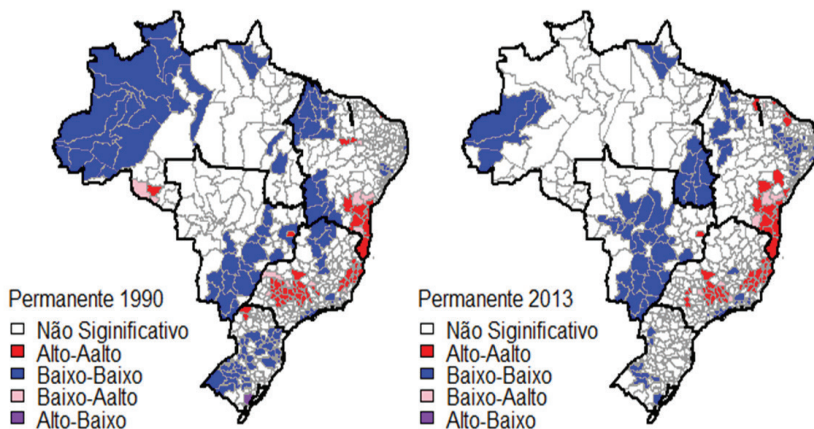


Figura 5 – *Clusters* de Lavoura permanente no Brasil de 1990 e 2013

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2015)

Entre os anos pesquisados não houve uma grande mudança entre os *clusters*. A região Norte apresentou uma grande diminuição da lavoura permanente. O *cluster* do tipo Alto-Alto é apresentado nas microrregiões do Sudeste. Nota-se que a ocupação da agropecuária antecede a da lavoura temporária.

O cálculo da autocorrelação espacial multivariada possibilita a análise da relação entre as variáveis estudadas. A Tabela 2 mostra o índice de Moran multivariado.

Tabela 2 – Estatística *I* de Moran Bivariado

Matriz de pesos	<i>I</i> de Moran	
	Pec_2013 x Perm_2013	Pec_2013 x Tempo_2013
Rainha	-0,0258*	0,2295*
Torre	-0,0266*	0,2296*
4 vizinhos	-0,0269*	0,1900*
5 vizinhos	-0,0247*	0,2019*
6 vizinhos	-0,0148*	0,1934*

Fonte: Elaboração própria

\*Nota: pseudo significância, baseada em 499 permutações aleatórias.

Foram testadas duas combinações: uma entre a pecuária e a lavoura permanente e outra entre a pecuária e lavoura temporária, ambos para o ano de 2013. Todos os índices são estatisticamente significativos para a relação entre pecuária e lavoura temporária. Em todos os casos, a lavoura permanente apresenta menor autocorrelação espacial com a pecuária do que a lavoura temporária. A matriz de contiguidade adotada é a do tipo Torre.

Assim como no caso univariado, os *clusters* também são representados por meio de mapas. A análise foi feita para os anos de 1990 e 2013. A Figura 6 mostra o *LISA* entre a pecuária e a área destinada à lavoura permanente.

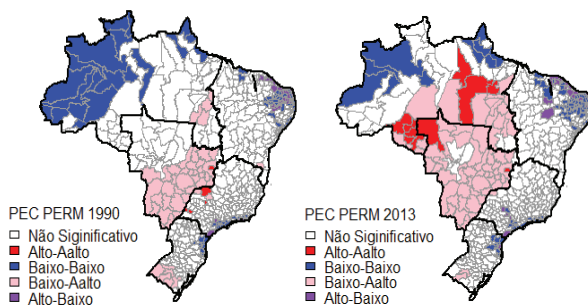


Figura 6 – *LISA* de Lavoura permanente e Pecuária no Brasil de 1990 e 2013

Fonte:Elaboração própria com base em IBGE (2015)

Embora a autocorrelação entre essas variáveis não seja muito grande e estatisticamente não significativa de forma global, nota-se o surgimento de dois *clusters* do tipo Alto-Alto, um no Pará e outro em Rondônia, ambos na região Norte. O maior padrão de associação espacial é do tipo Baixo-Alto, por isso o índice de Moran apresenta valor negativo. Esse resultado já era esperado, uma vez que ambas as produções são concorrentes por terras.

A Tabela 2 mostra autocorrelação entre pecuária e lavoura temporária, sendo essa mais intensa que a apresentada pela pecuária e a lavoura permanente. Estimando os *clusters*, obtêm-se os resultados mostrados na Figura 7.

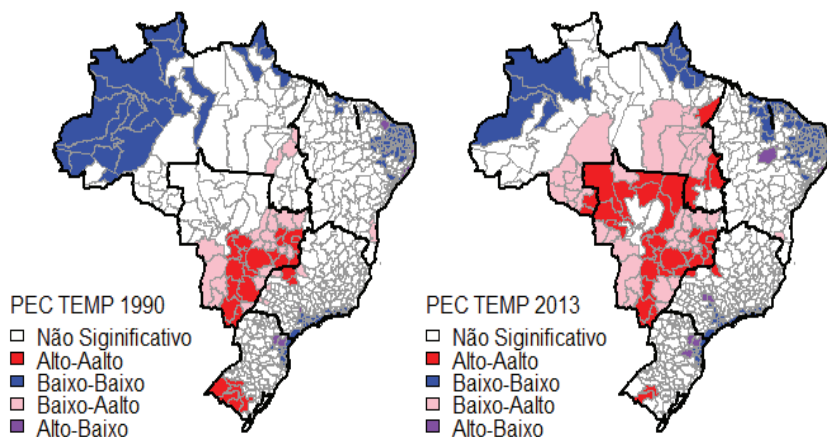


Figura 7 – *LISA* de Lavoura temporária Pecuária no Brasil de 1990 e 2013  
 Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2015).

Entre os anos pesquisados, houve surgimento de *clusters* do tipo Alto-Alto nas regiões Centro-oeste e Norte. A relação positiva entre as duas produções é explicada pela necessidade de pastagens para alimentação da pecuária bovina. O *cluster* Baixo-Alto também reflete diferenças no ritmo do avanço das lavouras permanentes em relação ao das áreas destinadas à agropecuária. Contudo, à medida que a atividade pecuária se sedimenta num determinado estrato espacial, há tendência, ainda que em grau menor, de serem desenvolvidas áreas com lavouras temporárias, viáveis comercialmente.

A análise exploratória espacial endossa a mudança da distribuição da produção do Sudeste e Sul para o Centro-Oeste e Norte, assim como o ganho de produtividade decorrente da proximidade. A estabilidade no Sul, Sudeste e Nordeste denota o fato de a produção agrícola ter sido iniciada antes do Centro-Oeste e Norte, de modo que os ganhos da economia de aglomeração e da difusão tecnológica por proximidade já foram esgotados, reduzindo o efeito da autocorrelação espacial.

Estimados os modelos utilizando a matriz de contiguidade do tipo

Torre, os resultados são apresentados na Tabela 3, sendo os valores entre parênteses os erros padrão. O modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) padrão mostrou-se não significativo estatisticamente em nenhum dos parâmetros estimados, indicando que os efeitos dos espaços geográficos devem ser levados em consideração na estrutura de análise da migração da pecuária bovina.

A estimação do modelo de defasagem espacial apresentou apenas o parâmetro referente ao efeito espacial ( $\rho$ ) significativo. Já o modelo de erro espacial foi estatisticamente significativo em todos os seus parâmetros. Os critérios<sup>7</sup> de seleção de modelos de Akaike e Schwarz mostram que o modelo de erro espacial é o que apresenta o melhor ajustamento, corroborando o fato de este modelo ser o que melhor se adapta ao modelo de convergência da pecuária nas microrregiões brasileiras.

Os resultados apresentados pelos modelos estimados mostram a existência de um forte efeito espacial. Existe o efeito de convergência espacial somente no modelo de erro espacial, sendo a velocidade de convergência espacial de 6%. Tanto os parâmetros para defasagem espacial quanto os de erro espacial são estatisticamente significativos, ou seja, constatam-se efeito *spillover* de produtividade bem como correlação espacial dos erros.

A convergência espacial, evidenciada no modelo de erro espacial, sugere que tal efeito é propiciado mais pelos erros espaciais do que pelos efeitos *spillover*, predominantes no *lag* espacial. Embora o efeito de *spillover* também seja importante e significativo estatisticamente como mostrado pelo parâmetro  $\rho$  estimado, é, todavia, de menor magnitude do que o efeito de erro espacial.

Tal resultado pode representar a influência do espraiamento da atividade agropecuária em regiões não contíguas às fronteiras, consolidada no processo de convergência de produtividade agrícola. As fronteiras

---

7 Ambos os critérios são alicerçados na minimização dos erros do modelo estimado, assim, o modelo a ser escolhido é aquele que apresenta a menor estatística do teste.

agropecuárias especulativas, dessa forma, migram para regiões que podem não ter contato com a borda da fronteira consolidada. Isso é possível através de obras de infraestrutura em espaços existentes entre fronteiras consolidadas. Esse fenômeno pode ser em parte explicado pelos programas de integração Norte/Sudeste implementados no Brasil durante a década de 1980, podendo ser indício também de exploração assistemática, feita por produtores dotados de poucos recursos, presentes principalmente nos *clusters* Baixo-Baixo. Ainda mais sensíveis ao custo que os grandes agricultores, estes produtores teriam de se fixar em áreas distantes com terras baratas, empreendendo uma agricultura de baixa produtividade.

Tabela 3 – Modelos Econométricos Estimados

Coeficientes	MQO	Defasagem espacial	Erro espacial
$\alpha$	0,05912996 (0,1873746)	0,1379334 (0,120273)	0,8210431*** (0,2113339)
$\beta$	0,01050245 (0,01588671)	-0,008616835 (0,01016569)	-0,06463391*** (0,01754602)
$\rho$		0,7770167*** (0,02891333)	
$\lambda$			0,8015824*** (0,02678792)
$R^2$	0,000785	0,590940	0,604127
Akaike	1062,3	661,099	649,65
Schwarz	1070,95	674,072	658,298
<i>Log likelihood</i>	-529,15	-327,549	-322,824764

Fonte: Elaboração própria.

## Considerações Finais

Os resultados mostram autocorrelação na agropecuária entre as microrregiões brasileiras, nas dimensões das variáveis aqui pesquisadas. Há evidências também de uma migração dessas produções no sentido do Sul e Sudeste para as regiões Centro-Oeste e Norte. Foram apresentados



diversos padrões de associação espacial (*clusters*), com o surgimento de diversos *clusters* do tipo Alto-Alto, principalmente na região Norte.

Entre as variáveis estudadas, a pecuária bovina é a que apresenta maior dependência espacial, assim como maior tendência de migração. Acompanhando a pecuária, é possível notar autocorrelação espacial da lavoura temporária. Por sua vez, as lavouras permanentes não apresentaram padrões de associação espaciais tão intensos.

Evidenciou-se dependência espacial entre a pecuária e as lavouras temporárias e permanentes. Vale destacar que, globalmente, a pecuária e a lavoura permanente não apresentaram nenhum tipo de relação espacial. Já a pecuária e a lavoura temporária apresentaram fortes dependências espaciais global e localmente, o que pode ser explicado pelo surgimento de pastagens para alimentação da pecuária.

Os modelos econométricos estimados mostram um forte efeito espacial na produção da pecuária bovina nas microrregiões brasileiras. Os modelos de defasagem e erro espacial mostram convergência espacial, sendo a velocidade de convergência no primeiro maior que no último.

## Referências

ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. 1º Edição, Editora Alínea. 2012.

ANSELIN, L. **Local Indicator of Spatial Association– LISA**. Geographical Analysis. v. 27, nº 2, 1995.

ANSELIN, L. **Thirty Years of Spatial Econometrics**. Working Paper 2009-2. Tempe: Arizona State University, 2009.

ANTONELLI, C. **Pecuniary Externalities and the Localized Generation of Technological Knowledge**. In: BOSCHMA, R. MARTIN,

R. (Org.) **The Handbook of Evolutionary Economic Geography**. Northampton: Edward Elgar.2010.

BAUMOL, W.J. **Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long-Run Data Show**. American Economic Review, Vol. 76, Nº 5, pp. 1072-1085, dez. 1986.

CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> Acesso em: 08 de julho 2016.

FARIA, G.; ZAMBERLAN, C.O.; DIAS, E.P.; CASTAGNA, G. **Expansão da Fronteira Agrícola: Impacto das Políticas de Desenvolvimento Regional no Centro-Oeste Brasileiro**. In: 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010, Campo Grande. Acesso em 31 de março de 2014.

FOTHERINGHAM, S. A.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships**. West Sussex: Wiley, 2002.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A.J. **Economia Espacial**. São Paulo: Futura. 2012

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T., BACCHI M.R.P. CONCEIÇÃO, J.C.P.R. **Condicionantes da Produtividade da Agropecuária Brasileira**. Brasília: Ipea,2004 (Texto para Discussão, n. 1017)

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T., BACCHI M.R.P. Produtividade e Fontes de Crescimento **da Agricultura Brasileira**.In: DE NEGRI, J.A.; KUBOTA, L.C. (eds.) **Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica**. Brasília: Ipea, 2008. Cap. 11, pp. 435-459

HAINING, R.P. **Spatial Data Analysis: Theory and Practice**. Cambridge University Press. 2003

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 01 de Março de 2015

ISARD, W. **Location and Space-Economy**. Nova York: John Wiley/MIT. 1956.

LE SAGE, James P. **Spatial Econometrics**. Toledo; 1999

LESAGE, J.; PACE, K. R. Introduction to spatial econometrics. **Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group**, 2009.

MAPA – **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**. AGROSTAT – Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>> Acesso em: 10 de julho de 2016.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial: Brasília. 2003

MARSHALL. A. **Princípios de Economia**. São Paulo: Abril. 1982

NORTH, Douglass C. Location Theory and Regional Economic Growth. **Journal of Political Economy**. v. 63, n 3. pp. 243-258. 1955

PAELINCK, J. H.P. **Spatial Econometrics: History, State-of-the-Art and Challenges Ahead**. In: Workshop on Spatial Econometrics, 2005, Kiel.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia**. *Nova economia*, Belo Horizonte, nº 19, PP. 41-66, jan/abril. 2009

SOUZA, L. L. de. **A Logística da Soja na Fronteira Agrícola Norte e Nordeste**. ESALQ/USP. 2005

TAFNER JR., A.W. SILVA, F.C. **Expansão da Fronteira Agropecuária do Oeste Paulista para a Amazônia.** In: IV Conferência Internacional de História Econômica, 2012, São Paulo.

VIEIRA, P.A.; ALMEIDA. G.S.; BUAINAIM, A.M.; RAMOS, P.O **Centro-Oeste Brasileiro como Fronteira Agrícola.** In: 43º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2005, Ribeirão Preto.

