

UMA ANÁLISE ESPACIAL DAS INFRAÇÕES AMBIENTAIS PARA OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

RENAN PORN PERES¹
JÚLIA GALLEGO ZIERO UHR²

¹Universidade Federal de Pelotas – renanpperes@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – juliauhr@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A regulação ambiental é uma parte importante da política ambiental de quase todas as nações, não sendo diferente no Brasil. Isso se deve às crescentes preocupações ambientais, com a preservação dos ecossistemas e à idéia de que, é necessária a preservação do meio ambiente para a qualidade de vida das gerações futuras, no âmbito da sustentabilidade. Sendo assim, delega-se à coletividade e, principalmente, ao poder público, o poder de regulação e fiscalização das regras criadas pela sociedade.

No Brasil, uma das formas mais graves de agressão ao meio ambiente refere-se ao desmatamento. Esta, e as demais infrações ligadas a nossa flora, constituem-se em grande preocupação social, que pode ser vislumbrada através das discussões que ocorrem em torno do Código Florestal e das demais leis de proteção à Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia. A Lei de Crimes Ambientais (LEI Nº 9.605, 1998) e o decreto 6.514/2008, que dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, definem as seguintes infrações contra a flora: destruir ou danificar floresta ou demais formas de vegetação natural em área considerada de preservação permanente; Cortar árvores em área considerada de preservação permanente ou cuja espécie seja especialmente protegida; Provocar incêndio em mata ou floresta; Cortar ou transformar em carvão madeira de lei; Impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas; Desmatar, a corte raso, florestas ou demais formações nativas, fora da reserva legal; entre outras. Para que a desejada preservação ambiental de fato se concretize, é necessária a adoção de instrumentos institucionais para a fiscalização deste bem comum. O órgão responsável no Brasil por fiscalizar e aplicar sanções ao infrator é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Ambientais (IBAMA). São atribuições do IBAMA: a fiscalização ambiental e a aplicação de penalidades administrativas, principalmente no que diz respeito à prevenção e controle de desmatamentos, queimadas e incêndios florestais; dentre outras (informações disponíveis em www.ibama.gov.br).

Devido ao componente geográfico do desmatamento, é de grande importância avaliar como este se distribui ao longo do território brasileiro. De acordo com a Primeira Lei da Geografia: *“Todas as coisas dependem uma das outras, porém as que estão mais próximas dependem mais do que as que estão mais distantes”* (WALDO TOBLER, APUD ALMEIDA, 2012). A fim de compreender o comportamento espacial das infrações ambientais contra a flora, o presente artigo tem por objetivo analisar a dependência e distribuição espacial de tais autuações. Para tanto, este trabalho realiza uma Análise Exploratória das infrações ambientais em sua dimensão espacial (AEDE), através do cálculo das estatísticas Global e Local de Moran (LISA). Tal análise é relevante para avaliar as políticas públicas em vigência, e nortear a implantação de novas políticas.

2. METODOLOGIA

Para a AEDE foram usados dados das infrações ambientais contra a flora registrados pelo IBAMA, para todos os municípios do Brasil, durante 1998 e 2012. Os dados foram obtidos junto ao Ministério do Meio Ambiente (MMA). Destacamos que esta base de dados jamais foi utilizada para pesquisas no campo da economia ambiental e da econometria espacial. Assim, as análises empregadas constituem-se em uma novidade para o estudo das violações ambientais no Brasil. Utilizamos o *software IpeaGeo*, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), para todas as estatísticas empregadas.

Para avaliar a distribuição espacial das infrações ambientais e identificar padrões de dependência espacial, foram calculadas as estatísticas I de Moran Global e Local de associação espacial (*LISA*). O I de Moran e a análise *LISA* medem a intensidade da autocorrelação espacial, isto é, o quanto o valor observado das infrações em um determinado município é dependente dos valores desta mesma variável nos municípios vizinhos.

O índice global de Moran fornece um único valor como medida de associação espacial para todo o conjunto de dados, ou seja, para todos os municípios brasileiros. O I de Moran fornece três informações principais: o nível de significância mostra se os dados estão distribuídos aleatoriamente no espaço ou não; a magnitude da estatística fornece a força da autocorrelação espacial; já o sinal indica se os dados estão concentrados ou dispersos. Assim, valores positivos (entre 0 e 1) indicam uma correlação direta e valores negativos (entre -1 e 0), uma correlação inversa. Valores próximos a zero indicam ausência de correlação.

A indicação de padrões globais de autocorrelação espacial não necessariamente se traduz em padrões locais. Conseqüentemente, o I de Moran Global é uma estatística incompleta, uma vez que é desejável examinar os padrões espaciais em uma escala detalhada. Desse modo, é preciso utilizar indicadores de associação espacial que possam ser relacionados às diferentes localidades de uma variável distribuída espacialmente. Para isso, utilizou-se o I de Moran Local, também chamado de Indicador Local de Associação Espacial.

Em termos gerais, o Indicador Local de Associação Espacial (*LISA*) é um parâmetro estatístico que fornece valores específicos de correlação espacial para cada município. De acordo com ANSELIN (1995), o I de Moran Local apresenta a propriedade de que, o somatório dos indicadores locais, é proporcional ao I de Moran Global. Além disso, os indicadores locais permitem a identificação de situações atípicas, através de padrões de associação espacial e agrupamentos de valores semelhantes (*clusters*) significativos estatisticamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

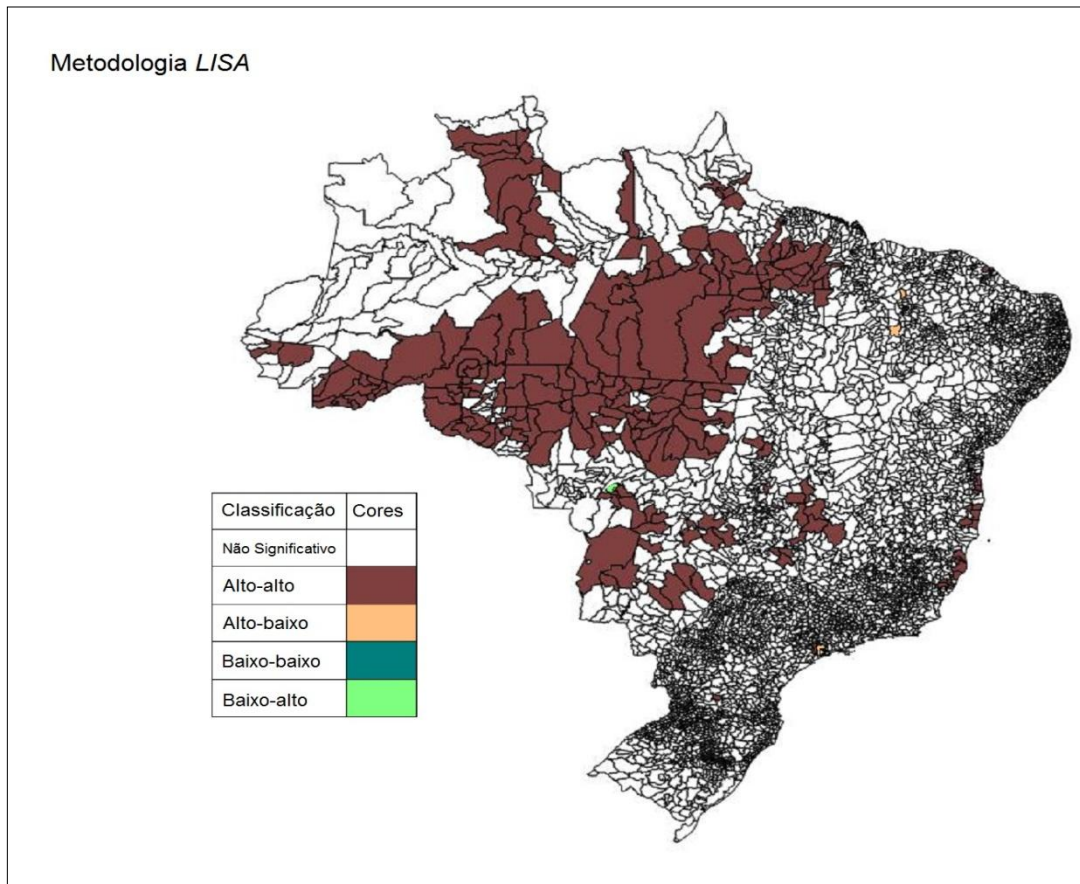
Considerando as infrações ambientais contra a flora acumuladas entre 1998-2012, para cada município, foi calculado o I de Moran Global, utilizando-se a convenção “rainha” para vizinhança de 1º grau. Conforme dito, esta estatística nos fornece uma medida de associação espacial dos dados.

Tabela 1: Coeficiente I de Moran para infrações contra a Flora no Brasil.

Variável Quantitativa	Índice de Moran Global	p-valor
Infrações contra a Flora	0,329709544130331	0.000

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que, há a presença de autocorrelação espacial da variável “*Infrações contra a flora*” no período analisado. Conforme vimos, o sinal positivo do índice indica que os dados encontram-se concentrados, isto é, altos (baixos) valores de infrações estão circundados por altos (baixos) valores desta variável nas regiões vizinhas. O coeficiente é significativo a 1%, conforme expresso pelo seu p-valor, comprovando que os dados para infrações ambientais não estão distribuídos de forma aleatória para os municípios brasileiros.

Figura 1: Mapa de *Clusters LISA* para Infrações Ambientais contra a Flora.



A fim de compreender melhor o comportamento espacial local das infrações ambientais, foi calculado o I de Moran Local (*LISA*), para os municípios brasileiros. Por se tratar de um indicador local, foi obtido um valor específico de I e os seus respectivos níveis de significância, para cada município, permitindo, assim, a identificação de aglomerados semelhantes entre si (*clusters*). Uma forma mais eficiente de apresentar este extenso conjunto de estatísticas é mapeá-las. O mapa de *Clusters Lisa* (Figura 1), apresenta os *clusters* que passaram no teste de significância do I de Moran Local.

O mapa nos permite ver a existência de um grande *cluster* alto-alto nos municípios da Amazônia Legal (nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Norte do Mato Grosso e Maranhão), entre outros *clusters* menores de mesmo padrão. A incidência deste padrão alto-alto nos municípios da Amazônia Legal é condizente com os demais estudos que utilizam econometria espacial para a análise do desmatamento (KAMPEL, CÂMARA E QUINTANILHA, 2000; OLIVEIRA ET AL, 2011).

4. CONCLUSÕES

Esse trabalho preocupou-se em compreender o comportamento espacial das infrações ambientais contra a flora, registradas pelo IBAMA nos municípios brasileiros durante 1998 e 2012. Para tanto, foram calculados os índices de dependência espacial local e global, através do Índice de Moran e LISA, para estimar a autocorrelação espacial e a existência de padrões espaciais (*clusters*).

Destacamos que esta base de dados, específica de infrações ambientais contra a flora para municípios brasileiros, jamais foi utilizada para pesquisas no campo da economia ambiental e da econometria espacial. Assim, as análises empregadas com estes dados constituem-se em uma novidade para o estudo das violações ambientais no Brasil e podem enriquecer o debate quanto à aplicação de políticas públicas (orientando ações do governo no combate a novas infrações, principalmente quanto ao desmatamento na Amazônia). Este artigo, portanto, inova ao utilizar uma base de dados inédita em pesquisa econômica e espacial.

Os resultados apresentados são apenas preliminares e a pesquisa ainda pretende complementar as análises refazendo os testes para cada ano da amostra e subdividindo-a em grandes regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Pretende-se também calcular os Índices de Moran Global e Local Bivariados, combinando a ocorrência de infrações com a aplicação de sanções (multas) pelo IBAMA e com dados socioeconômicos (PIB per capita, produção agrícola, educação e emprego).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association - LISA. **Geographical Analysis**, v.27, n.2, p.93-115, 1995.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; FUKS, S. D. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2001. 209 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>. Acesso em: 11 out. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Software IpeaGeo*. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ipeageo>. Acesso em: 11 out. 2013.

KAMPEL, S. A; CÂMARA, G; QUINTANILHA, J. A. Análise Exploratória das relações espaciais do desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira. **Anais Gisbrasil**, Salvador, 2000.

MONASTÉRIO, L; PERES, R. Uma Análise Espacial do Crescimento Econômico do Rio Grande do Sul (1939-2001). **Economia**, Brasília, v.5, n.2, p.269–296, 2004.

OLIVEIRA, R. C; et al. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 709-739, 2011.