

PRESSÃO ANTRÓPICA NOS MUNICÍPIOS PARANAENSES: Uma análise exploratória de dados espaciais

ANTHROPIC PRESSURE IN THE MUNICIPALITIES OF PARANÁ: An exploratory spatial data analysis

Patrícia Pompermayer,¹
Irene Domenes Zapparoli²
Umberto Antonio Sesso Filho³
Paulo Rogério Alves Brene⁴
Cleverson Neves⁵

RESUMO

O objetivo do estudo foi identificar os municípios do estado do Paraná que apresentam maiores valores de pressão antrópica e utilizar a metodologia da análise exploratória de dados espaciais (AEDE) para identificar agrupamentos (*clusters*) de municípios nas mesorregiões do estado considerando as variáveis densidade demográfica, consumo de água por habitante, consumo de energia elétrica por habitante e número de veículos automotores por habitante. Os resultados mostraram que existe um *cluster* alto-alto para a Região Metropolitana de Curitiba de densidade demográfica composto por treze municípios. O Norte Central possui *cluster* alto-alto de consumo de água anual per capita e existem dois *clusters* alto-alto para o consumo de energia elétrica total anual *per capita*, o primeiro em municípios das mesorregiões Centro Oriental e Região Metropolitana de Curitiba e o segundo ocupando em maior parte a região central do estado. O número de veículos automotores *per capita* apresentou *cluster* alto-alto nas mesorregiões Oeste e Sudoeste. O governo e a população dos municípios participantes destes agrupamentos com maior pressão antrópica devem se preocupar com a escassez de água e energia elétrica e elaborar soluções para a poluição gerada pela alta densidade demográfica e veículos automotores.

Palavras-chave: pressão antrópica, Paraná, análise exploratória de dados espaciais.

ABSTRACT

¹ Engenharia Agrônômica (ESALQ/USP), Mestrado e Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP). Colaboradora no Curso de Especialização em Economia Empresarial - Universidade Estadual de Londrina,. E-mail : papomper2004@yahoo.com.br

² Economista, doutora em Educação, professora do Departamento de Economia - UEL. Professora do Departamento de Economia da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e do Mestrado em Economia Regional /UEL.. E-MAIL : zapparoli@uel.br

³ Engenheiro, mestre e doutor em Economia Aplicada - ESALQ/USP. Professor do Departamento de Economia da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e do Mestrado em Economia Regional /UEL.. E-MAIL : umasesso@uel.br

⁴ Economista, doutor em Desenvolvimento Econômico - UFPR, professor de Economia (UENP). E-mail : paulobrene@uenp.edu.br

⁵ Economista, mestre em Economia Regional, professor de economia - UNOPAR UEL. Doutorando UEM.e-mail : cleversonneves@hotmail.com

The objective of the study was to identify the municipalities of the state of Paraná that present higher values of anthropic pressure and to use the methodology of the exploratory analysis of spatial data (AEDE) to identify clusters of municipalities in the mesoregions of the state considering the variables demographic density, per capita water consumption, per capita electricity consumption and number of motor vehicles per inhabitant. The results showed that there is a high-high cluster for the Metropolitan Region of Curitiba of demographic density composed of thirteen municipalities. Central North has a high-high cluster of annual water consumption per capita and there are two high-high clusters for total annual electricity consumption per capita, the first in municipalities of the mesoregions Eastern Center and Metropolitan Region of Curitiba and the second occupying mostly the central region of the state. The number of motor vehicles per capita presented high-high cluster in the western and south-western mesoregions. The government and the population of the municipalities participating in these groups with greater anthropogenic pressure should be concerned with the scarcity of water and electricity and develop solutions for the pollution generated by high population density and motor vehicles.

Keywords: anthropic pressure, Paraná, exploratory analysis of spatial data.

JEL Classification: Q5, R11, O13

INTRODUÇÃO

A pressão antrópica pode ser definida como o impacto da ação do homem sobre o ambiente. A mensuração pode ser realizada por diversos indicadores tais como a densidade demográfica, consumo de energia elétrica e outras variáveis que mostram a influência das pessoas sobre o meio em que habitam. A dificuldade em obter dados municipais recentes é um fator limitante dos trabalhos sobre o assunto e pode existir necessidade de utilização de mais de uma fonte e com defasagem temporal (Braga *et al*, 2014).

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) torna possível identificar padrões de comportamento das variáveis no espaço (ALMEIDA; PEROBELLI; FERREIRA, 2008). Considerando que os indicadores de pressão do homem sobre o ambiente podem ter influência do espaço, o estudo apresentado verifica as relações de localização entre os municípios e variáveis de pressão antrópica buscando identificar a formação de grupos (*clusters*).

O conhecimento da pressão antrópica sobre o uso dos recursos naturais nos municípios permitirá a adoção de instrumentos de comando e controle. Assim, a mitigação de pontos de ruptura possibilitará atendimento regular às demandas de água potável e energia elétrica, além identificar grupos de municípios que apresentem problemas de poluição gerados pela alta densidade demográfica e veículos por habitante (emissões móveis de gases do efeito estufa) para internalizar as externalidades negativas.

A aplicação da análise exploratória de dados espaciais (AEDE) utilizando as variáveis de pressão antrópica constitui uma inovação. Portanto, o estudo preenche uma lacuna das pesquisas sobre o tema. Os resultados tornam possível que o próprio município identifique problemas individuais comparando seus indicadores ambientais com os demais da própria região ou em outras regiões do estado. Deve-se considerar também que a identificação de municípios e agrupamentos que merecem atenção especial por possuir maior impacto das atividades humanas é um primeiro passo para elaboração de políticas públicas ambientais municipais e estaduais.

As variáveis utilizadas para realizar a análise exploratória de dados espaciais obtidas em IPARDES (2019a) foram a densidade demográfica em número de habitantes por quilômetro quadrado, consumo de energia elétrica municipal (megawatts ao ano) por habitante, consumo de água municipal (metros cúbicos ao ano) por habitante e número de veículos automotores por habitante. Os dados são do ano de 2016. Desta forma, o objetivo geral do estudo foi mensurar a pressão antrópica dos municípios do estado do Paraná, classificar as unidades de análise e identificar agrupamentos no espaço (*clusters*), especificamente pretendeu-se:

- a) Classificar os municípios de acordo com as variáveis de pressão antrópica e identificar os maiores valores,
- b) Realizar a análise exploratória dos dados espaciais para determinar agrupamentos (*clusters*) de municípios identificados em suas mesorregiões.

O texto está dividido em cinco seções incluindo a introdução. A segunda seção apresenta estudos recentes sobre a pressão antrópica e sua mensuração para regiões e municípios. A fonte dos dados e metodologia utilizada no estudo são detalhadas na terceira seção. A quarta seção possui os resultados e discussão e finalmente as principais conclusões são apresentadas na quinta seção do artigo.

INDICADORES SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DE MUNICÍPIOS: usos e limitações

A seção apresenta uma discussão sobre estudos recentes e reflexões sobre a elaboração e uso de indicadores sociais, econômicos e ambientais (pressão antrópica) de municípios. A análise discorre sobre os temas de índices de desenvolvimento municipais e de desenvolvimento rural, indicadores de pressão antrópica regional e críticas à sua elaboração e uso para políticas públicas.

Segundo Januzzi (2002), apesar de fontes escassas de dados para a construção de indicadores municipais, ainda é possível elaborar indicadores úteis e pode-se utilizar mais do que um para avaliar políticas públicas. Guimarães e Jannuzzi (2005) afirmam que uma das áreas de pesquisa interdisciplinar nas Ciências Sociais Aplicadas que merecem atenção dos pesquisadores são os Indicadores Sociais e Políticas Públicas, que se revela pela proposição de medidas-resumo ou indicadores sintéticos da realidade. Os autores concluíram que existe contribuição dos indicadores sociais para estimular a discussão sobre a pobreza, a exclusão social e para a identificar prioridades na política nacional. Porém, existem problemas de natureza conceitual e metodológica das propostas e mau uso de indicadores como fatores de elegibilidade de municípios para políticas públicas.

A elaboração de indicadores econômicos, sociais e ambientais pode ser realizada por diversos métodos. Cavassin (2004), Ozon (2011) realizaram estudos do cálculo do índice de desenvolvimento municipal, o primeiro para o Brasil e o segundo para os municípios do estado do Paraná. Rezende e Parré (2003), Rezende e Parré (2004), Parré e Mello (2007), Llanillo, Pellini e Doretto (2004) estimaram índices de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses.

Cavassin (2004) propôs a utilização de métodos multicritério como alternativa ao cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) para avaliação dos municípios paranaenses. O índice é composto por três fatores, os indicadores de educação (alfabetização e taxa de frequência escolar), longevidade e renda. O estudo utilizou três métodos diferentes para elaborar um novo índice. As diferenças entre esses métodos e os resultados obtidos com eles foram analisados comparativamente para as ordenações obtidas verificando-se as discrepâncias entre as metodologias.

Na análise dos resultados, concluiu-se que para a análise do desenvolvimento dos municípios a seleção da metodologia deve ser feita com relação à necessidade de controlar a compensação (*trade-off*) entre os critérios.

Ozon (2011) buscou elaborar um indicador que utilizasse as fontes de dados secundárias livres e gratuitas e que atendesse aos requisitos fundamentais de contabilização anual, fácil replicação e disponibilidade. O Índice de desenvolvimento municipal demonstrou que as regiões próximas ao polo industrializado de Curitiba e em alguns pontos no interior do estado (como Guarapuava e Cascavel) tendem a apresentar auto correlação positiva através do índice de Moran (I), impulsionando o mimetismo na esfera municipal. O autor concluiu que para comparar temporalmente sua evolução devemos compor uma amostra do tipo painel de dados, combinando as variáveis em diferentes pontos do tempo e no mesmo ponto do espaço. A reconstrução do indicador mostrou que o papel do número de empregados em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) exerce uma maior influência na dimensão de maior peso seguido da massa salarial bruta paga nos municípios.

Rezende e Parré (2003) desenvolveram estudo com objetivo de mensurar o grau de desenvolvimento do setor agrícola dos municípios paranaenses durante a década de 1990. Os autores continuaram a estudar o tema em Rezende e Parré (2004) no qual utilizaram técnicas de análise fatorial e de *cluster* com objetivo de analisar o desenvolvimento diferenciado da agricultura nos municípios paranaenses. Parré e Melo (2007) elaboraram um índice de desenvolvimento rural para os municípios do Paraná utilizando o método de análise fatorial. Os resultados mostraram que, numa escala de zero a 100, o índice médio de desenvolvimento rural situou-se em 43,63, resultando num total de 179 municípios (44,86%) acima deste valor e 220 municípios (55,14%) abaixo deste índice. A ordenação de acordo com o grau de desenvolvimento evidenciou que mais da metade dos municípios se encontra no nível baixo, muito baixo e muitíssimo baixo de desenvolvimento rural sugerindo a necessidade de medidas no sentido de minimizar os efeitos gerados pelos aspectos que devem ser trabalhados de forma mais intensa, no sentido de melhorar a vida no campo e, por conseguinte, a situação dos municípios. Llanillo, Pellini e Doretto (2004) realizaram estudo utilizando a análise fatorial com objetivo de identificar territórios rurais no Estado do Paraná constituídos por municípios com características relativamente homogêneas quanto à sua estrutura agrária.

A mensuração da pressão antrópica é importante porque os serviços ecossistêmicos de provisão como fibras, madeiras e recursos genéticos e de regulação como qualidade do ar, clima, conservação do solo, controle de poluentes e reprodução vegetal não possuem uma oferta definida. Essa falha de mercado ocorre devido a dependência das características das funções ecossistêmicas de variabilidade, resiliência, sensibilidade, e confiabilidade na interação entre os fluxos de matéria e energia responsáveis pelo metabolismo do planeta Terra que produzem o bem-estar humano (MAY, LUSTOSA e VINHA, 2012). A pressão antropogênica evidencia as demandas de bens ambientais para produção e consumo (THOMAS e CALLAN, 2016; MELLO e SATHLER, 2015). Estudos sobre a pressão antrópica e sustentabilidade local foram desenvolvidos por Braga *et al* (2004), Viviana (2011), Mello-Théry *et al* (2010) e Bozzano *et al* (2014) para mensurar o impacto do homem em diversos aspectos da economia e ambiente locais.

Braga *et al* (2004) apresentaram metodologia de elaboração de índices de sustentabilidade local e a utilizaram para os municípios da região da bacia do rio Piracicaba (MG). A proposta metodológica usa em conjunto medidas de qualidade do sistema ambiental microrregional; qualidade de vida no espaço urbano; pressão

exercida pelas atividades antrópicas sobre as bases de reprodução no espaço e sobre o sistema ambiental microrregional; capacidade política e institucional de intervenção local. A bacia do Piracicaba encontra-se na área de influência do Parque Estadual do Rio Doce e possui um conjunto expressivo de atividades econômicas (siderurgia, celulose e mineração de ferro) com alto grau de impactos antrópicos, expressiva concentração urbana e reflorestamentos por monocultura de eucaliptos (carvão vegetal e celulose). Os resultados mostraram que nenhum dos municípios estudados apresenta padrão de desenvolvimento verdadeiramente sustentável, uma vez que todos eles demonstram desempenho inferior à média para alguns indicadores. Além disso, a existência de um trade-off entre desenvolvimento e qualidade ambiental é evidente.

O aumento desregulado da população nas áreas costeiras dos países em desenvolvimento tornou-se fonte de preocupação tanto para o abastecimento de água como para o controle de qualidade. Na região de Dakar (Senegal), aproximadamente 80% dos recursos hídricos são provenientes de reservatórios de água subterrânea, cada vez mais afetados por pressões antrópicas. A identificação das principais fontes de poluição e, portanto, a vulnerabilidade do aquífero, é essencial para fornecer uma base sólida para a implementação de planos de gestão de recursos hídricos baseados em geoquímica a longo prazo nesta área subsaariana. Com este objetivo, Re *et al* (2011) realizaram um levantamento hidro químico e isotópico em 26 poços na chamada Península de Cap-Vert. Os resultados mostraram que a intrusão da água do mar representa o principal processo que afeta as características químicas das águas subterrâneas e indicam esgoto urbano e fertilizantes como uma importante fonte de contaminação. Os resultados mostram uma situação complexa na qual a água subterrânea é afetada pela infiltração direta e indireta de efluentes, misturando-se com a água do mar.

Mello-Théry *et al* (2010) realizaram comparação entre as políticas públicas espaciais e suas ações voltadas para as áreas de proteção ambiental urbana em duas metrópoles, São Paulo e Mumbai (Índia). A análise teve como foco as de unidades de conservação do Parque Nacional Sanjay Gandhi (Mumbai-Índia) e o Parque Estadual da Cantareira (São Paulo-Brasil). A conclusão é de que as duas florestas urbanas possuem os mesmos tipos de pressão antrópica, mas diferenciam-se pelas políticas de proteção com maior eficácia no Parque Sanjay Gandhi.

Floris *et al* (2014) realizaram estudo mensurando as variações na pressão antrópica e sua influência na taxa de afundamento da superfície de 1954 a 2005 na área de Tivoli-Guidonia, localizada a leste de Roma, Itália. Nos últimos 60 anos, esta área passou por um crescimento demográfico excepcional, bem como um aumento nas indústrias de pedreiras e hidrotermais. O cálculo do aumento da pressão antrópica baseou-se em dois fatores: a expansão das áreas construídas e o aumento da pedreira. Técnicas fotogramétricas permitiram uma análise temporal de fotos aéreas tiradas em 1954, 1985, 1993, 1998 e 2005. Além disso, foram analisados dados sobre a distribuição de poços privados na área de estudo, variações no nível do lençol freático e no regime de precipitação. O objetivo desta análise foi estimar tanto na área de superfície urbana quanto na extração de travertino. Os resultados mostraram uma estreita relação entre o aumento e a interrupção temporária do desenvolvimento antrópico e a ascensão e queda das taxas de afundamento da superfície. Mostrou-se a relação entre as variações na pressão antrópica e sua influência em processos geológicos potencialmente perigosos.

A elaboração de indicadores pode não seguir princípios das boas práticas da Pesquisa Social Empírica e existe mau uso dessas medidas como critérios exclusivos

e neutros na priorização da aplicação dos recursos públicos e problemas decorrentes das limitações que representa a utilização de um só critério para avaliar situações complexas em um país continental com grandes desigualdades como o Brasil. No caso do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal usado individualmente impede a identificação de necessidades específicas dos municípios, pois municípios com mesmo IDH-M podem apresentar necessidades de políticas completamente distintas (GUIMARÃES e JANNUZZI, 2005).

Considerando os estudos e reflexões apresentados nesta seção, pode-se concluir as pesquisas sobre indicadores sociais, econômicos e ambientais apresentam dificuldades na obtenção de dados, elaboração e uso para municípios. A principal metodologia de cálculo dos índices resumo de diversos fatores é análise fatorial. Porém, as críticas mostram que utilizar um único índice para classificação dos municípios limita a análise e causa perda de informação. Portanto, o presente estudo utiliza quatro fatores para mensurar a pressão antrópica e realizar a análise exploratória de dados espaciais para identificar *clusters*, o que torna a análise mais abrangente e utiliza-se toda a informação disponível.

METODOLOGIA

Fontes dos dados

A fonte dos dados foi o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2019a) em BDEweb (Bases de dados do estado). Segundo IPARDES (2019a), a densidade demográfica foi calculada utilizando a população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a área do município em quilômetros quadrados. Este indicador de pressão antrópica mostra o impacto da concentração da população sobre o ambiente. O consumo de água por habitante/ano, dados obtidos em IPARDES (2019a) de origem da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), indica a demanda pelo bem e necessidade de captação e geração de esgoto a ser tratado. Para a variável consumo de energia elétrica por habitante/ano, os dados secundários foram obtidos em IPARDES (2019a) de origem da Companhia Paranaense de Energia (COPEL). A frota de veículos por habitante com dados originários do Departamento de Trânsito do Paraná (DETRAN-PR) e obtidos em IPARDES (2019a) mostra a concentração das emissões atmosféricas causadas por veículos automotores, atendimento de necessidades de transporte e fornecimento de combustível e malha viária.

Quadro 1. Lista dos indicadores de pressão antrópica do ano de 2016.

Indicador	Fonte
Densidade demográfica em habitantes por km ²	IPARDES (2019a)
Consumo de água total em metros cúbicos por habitante/ano	IPARDES (2019a)
Consumo de energia elétrica total em megawatts por habitante/ano	IPARDES (2019a)
Frota total de veículos por habitante	IPARDES (2019a)

Fonte: Elaborado pelos autores.

O *shapfile* do estado do Paraná e seus municípios foi obtido em IPARDES (2019b) utilizado em conjunto com os dados para a análise por meio do *software* GeoDa, o qual tornou possível realizar a análise de *clusters* que terá como foco a divisão do estado do Paraná em dez mesorregiões que possuem características

socioeconômicas comuns. O estudo identificará se existem agrupamentos destes municípios de acordo com indicadores de pressão antrópica.

Análise exploratória de dados espaciais (AEDE)

O *shapfile* e os dados apresentados anteriormente foram analisados com a ajuda do *software* GeoDa para a análise exploratória dos dados espaciais (AEDE), que discute diretamente os efeitos decorrentes da dependência e da heterogeneidade espacial (ALMEIDA, 2012). A dependência espacial ou auto correlação espacial acontece quando o valor de uma determinada variável em uma região *i*, por exemplo, está relacionada com o valor da mesma variável, porém em outra região, por exemplo, a região *j*. Já a heterogeneidade espacial aparece quando os dados utilizados pertencem a unidades espaciais bem diferentes com intuito de explicar um mesmo fenômeno (ANSELIN, 1988).

A análise exploratória de dados espaciais é uma ferramenta econométrica estatística empregada para apresentar e figurar distribuições espaciais, modelar localidades atípicas, revelar padrões de associação espacial (*clusters*⁶ espaciais) e propor diferentes regimes espaciais e outras formas de instabilidade no espaço (ALMEIDA; PEROBELLI; FERREIRA, 2008).

A etapa inicial do estudo da AEDE começa no teste de hipótese com objetivo de averiguar se as variáveis espaciais em análise estejam distribuídas aleatoriamente. Intuitivamente, aleatoriedade espacial significa entender que os valores do fator em uma dada região não dependem dos valores nas demais regiões vizinhas (ALMEIDA, 2012). Logo, os dados ou variáveis espaciais podem ser definidos como sendo a observação destes que se encontram associadas a uma localização no espaço geográfico (SABATER; TUR; AZORÍN, 2011).

Segundo Almeida (2012), o método AEDE é mais apropriado na investigação de variáveis espacialmente compactas ou intensivas, ou seja, que são divididas por algum indicador de intensidade (per capita, etc.). Deste modo, a partir da Análise Exploratória de Dados Espaciais é possível retirar medidas de auto correlação espacial para verificar a influência dos efeitos espaciais por mediação de métodos quantitativos (ANSELIN, 1988). Todavia, para desenvolver a AEDE deve-se antecipadamente atribuir um arranjo que permita estimar coeficientes que representem a noção do grau de interação ou influência mútua entre as unidades espaciais analisadas (SILVEIRA NETO; MEDEIROS, 2011).

Matrizes de pesos espaciais

Uma das características dos dados espaciais é a dependência espacial e este fenômeno estatístico pode se manifestar em diversas áreas e campos de estudo tais como saúde, segurança, educação, economia, meio ambiente e planejamento urbano. Porém, a perspectiva elementar no que considera auto correlação espacial é o nível (grau) de proximidade o qual se deseja realizar a análise de dependência espacial. A determinação do critério do nível de proximidade influencia a matriz de pesos

⁶De acordo com Alves e Silveira Neto (2007), *clusters* são aglomerações produtivas obtidas pela concentração territorial com características semelhantes, as quais são beneficiadas por transbordamentos de conhecimentos e informação mútua. Entretanto, eles sempre trazem a noção de aglomeração de empresas com inter-relação entre si e operando espacialmente próximas.

espaciais que será utilizada na análise exploratória de dados (SABATER; TUR; AZORÍN, 2011).

As matrizes de pesos espaciais são baseadas na circunvizinhança, a qual é determinada de acordo com a proximidade de sua vizinhança considerando a distância em ordem geográfica, socioeconômica ou a combinação delas. Muitos estudos apresentados em econometria espacial se mostram extremamente sensíveis à seleção da matriz de pesos espaciais. Portanto, o debate no que tange a escolha da tipologia das matrizes é um ponto chave (ALMEIDA, 2012). Segundo Silva (2006) uma matriz de ponderação espacial é responsável pela estrutura qualitativa da análise espacial e pode ser representada pelo tamanho n por n . Os pesos espaciais w_{ij} identificam o nível de sinergia entre as regiões de acordo com o critério de proximidade.

O modelo de ponderação espacial mais utilizado na literatura é elaborado a partir de critérios geográficos. A coerência teórica da formatação desses pesos está em ponderar o maior peso para unidades geograficamente mais próximas (partilham de uma fronteira física comum) e, conseqüentemente, reduzir o peso de unidades mais afastadas (não partilham de uma fronteira física comum) (TYSZLER, 2006).

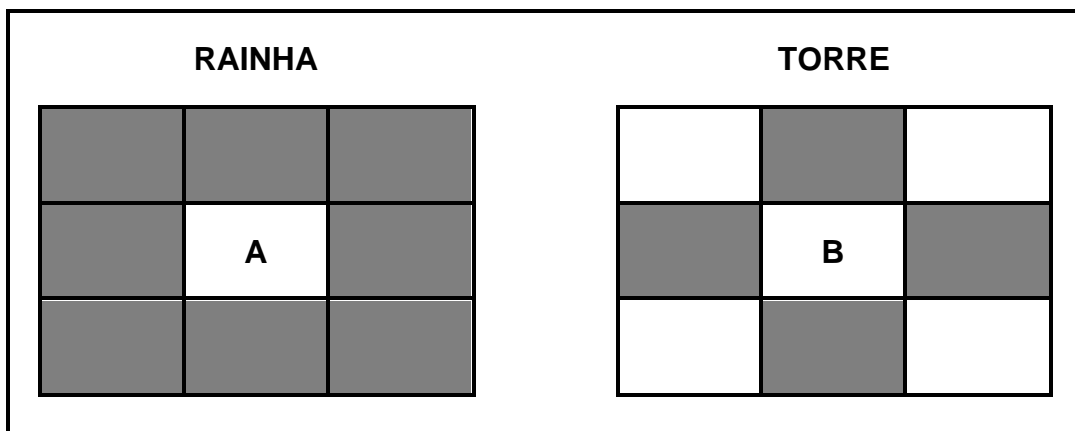
A matriz de peso espacial binária deste estudo foi construída em conformidade com o conceito de vizinhança baseada na existência de uma fronteira física comum. A noção é que duas regiões próximas possuem uma maior interação espacial e de acordo com esse critério é atribuído um valor unitário na matriz quando as duas regiões fazem vizinhança e o valor zero quando tais regiões não fizerem vizinhança (ALMEIDA, 2012). Portanto, cada elemento w_{ij} da matriz w representa o nível de proximidade ou de contigüidade espacial entre as áreas i e j e sua representação formal é apresentada na equação 1 (VIEIRA, 2009).

$$w_{ij} = \{1 \text{ se } i \text{ e } j \text{ são vizinhos; } 0 \text{ se } i \text{ e } j \text{ não são vizinhos}\} \quad (1)$$

Formalmente, é previsto que $w_{ii} = 0$ quando a região é considerada vizinha de si mesma implicando que a matriz de contigüidade possua a sua diagonal principal composta por valores zeros (nulos) (ALMEIDA, 2012). Os dois critérios mais comuns estão essencialmente embasados na vizinhança territorial, o primeiro relacionado à existência de fronteira entre as unidades territoriais, que é base deste estudo, e um segundo critério relacionado a proximidade geográfica entre uma vizinhança em função da verificação de uma distância inferior a uma distância-limite entre os centros, esta aborda a análise ponderada geograficamente por um centro espacial.

As duas configurações possíveis de matrizes de pesos espaciais mais utilizadas são a ponderação da Rainha que foi utilizada neste estudo e a ponderação de Torre, ambas explicitadas na Figura 1. Pode-se observar que os vizinhos das regiões A e B aparecem nas regiões destacadas em cinza, pois são consideradas vizinhas para ponderação espacial (RIBEIRO, 2011). A ponderação de vizinhança Rainha considera além das fronteiras com extensão diferente de zero também os vértices (nós) como vizinhos. Caso apenas as fronteiras físicas com extensão diferente de zero entre as regiões sejam consideradas, a ponderação de vizinhança é enfatizada como Torre (ALMEIDA, 2012).

Figura 1 - Matrizes de Pesos Espaciais.



Fonte: Almeida (2012, p. 77).

3.2.2 Indicador Local de Associação Espacial (LISA)

A matriz de pesos espaciais é utilizada para o cálculo do Indicador Local de Associação Espacial (LISA) e determinação dos *clusters*. De acordo com Anselin (1995), um Indicador Local de Associação Espacial (LISA) será qualquer estatística que satisfaça a dois critérios, o primeiro é que para cada observação deve-se indicar *clusters* espaciais significantes de valores similares em torno da observação (município) e o segundo é que a soma dos indicadores locais para todas as regiões (municípios) deve ser proporcional ao indicador de auto correlação espacial global que o corresponde.

O coeficiente I_i de Moran Local faz uma decomposição do indicador global de auto correlação na contribuição local de cada observação em quatro categorias: alto-alto (AA), baixo-baixo (BB), alto-baixo (AB) e baixo-alto (BA) (ALMEIDA, 2012).

O coeficiente I_i de Moran local para uma variável y padronizada, observada na região i , z_i pode ser expresso pela equação (2).

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^j w_{ij} Z_j \quad (2)$$

O cálculo de I_i só inclui os vizinhos da observação i definidos conforme uma matriz de pesos espaciais. Para que I_i seja um indicador LISA é necessário que este satisfaça a condição de que a somatória dos indicadores locais é equivalente ao indicador global correspondente de acordo com um fator de proporcionalidade. Assim, se somar os indicadores locais de I de Moran, tem-se:

$$\sum_i I_i = \sum_i Z_i \sum_j w_{ij} Z_j \quad (3)$$

A equação (4) mostra o cálculo de I de Moran Local e pode ser obtida conforme proposta de Anselin (1995).

$$I = \frac{\sum_i I_i}{s_0 \sum_i \frac{z_i^2}{n}} \quad (4)$$

A estatística LISA é usada para testar a hipótese nula de ausência de associação espacial local. Sob o pressuposto da normalidade do valor esperado, a esperança da estatística I_i é dada pela equação (5).

$$E(I_i) = \left[\frac{-w}{(n-1)} \right] \quad (5)$$

Para a obtenção de uma distribuição empírica das estatísticas de teste deve-se observar se o valor da variável de interesse está dentro ou fora da região crítica definida. Dessa maneira, se o valor calculado for superior em magnitude à esperança matemática do I de Moran seus resultados serão estatisticamente significativos (ANSELIN, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores de pressão antrópica que foram utilizados no estudo são a densidade demográfica (habitantes por quilômetro quadrado), consumo total de energia elétrica em megawatts por habitante/ano, veículos por habitante e consumo total de água em metros cúbicos por habitante/ano para o ano de 2016. O fator de pressão antrópica densidade demográfica foi utilizado para que os municípios fossem classificados de acordo com seus valores e apresentados na Tabela 1. Os cinquenta municípios classificados possuem pelo menos um dos fatores de pressão antrópica acima da média estadual. A lista possui as cidades mais populosas do estado como Curitiba, Londrina, Maringá, Foz do Iguaçu e São José dos Pinhais, fato esperado devido à grande concentração urbana e problemas ocasionados pela densidade demográfica. Porém, municípios relativamente pequenos como Paiçandu apresentam todos os valores dos indicadores acima da média, o que indica alto impacto da ação humana sobre o meio ambiente. Acima da 50ª posição, os indicadores para os municípios estão na média ou abaixo dela, isto mostra que para o restante do estado a pressão antrópica é muito menor que para as primeiras cinquenta posições.

Como analisado na revisão de literatura, a pressão antrópica deve ser associada a demanda de bens ambientais para produção e consumo. Além disso, a ação antropogênica sobre os recursos naturais evidenciada nos municípios de Curitiba, Londrina, Maringá, Foz do Iguaçu e São José dos Pinhais não se limita às consequências do atendimento da demanda humana. Portanto, a pressão antrópica tem impacto sobre aspectos sociais, econômicos e culturais nas dimensões da sustentabilidade. Os municípios podem apresentar pontos de ruptura (*breakpoints*) nos serviços ecossistêmicos como futura escassez de água e energia elétrica e impactos negativos da poluição sobre a saúde da população, capacidade de coleta e tratamento de lixo e áreas para aterros sanitários. Existem municípios relativamente pequenos, a exemplo de Paiçandu, que perderam a característica de cidades-dormitório e passam a apresentar a mesma qualidade ambiental das grandes cidades.

A classificação da Tabela 1 possui interesse individual para que cada município identifique suas características. Para a capital existe também a característica de valores acima da média para consumo de energia elétrica anual per capita, veículos per capita (emissões) e de consumo de água total anual por habitante. Municípios com consumo de energia elétrica por habitante acima da média é uma característica de São José dos Pinhais, Araucária, Rolândia, Toledo, Dois Vizinhos e Mauá da Serra. Os maiores valores de veículos por habitante destacam-se Curitiba, Maringá, Londrina, Cascavel, Pato Branco e outros listados e geram relativamente mais

emissões por habitante. As cidades com maiores valores para consumo de água por habitante são Curitiba, Foz do Iguaçu, Londrina, Matinhos e Pontal do Paraná.

Tabela 1. Municípios com maior pressão antrópica, ano de 2016.

Localidade	Rank Densidade demográfica	População estimada	Densidade demográfica	Energia elétrica per capita	Veículos per capita	Água per capita
Curitiba	1	1.893.997	4349,1	2,4	0,7	56,8
Pinhais	2	128.256	2097,9	2,5	0,6	47,8
Colombo	3	234.941	1187,7	1,5	0,5	41,8
Sarandi	4	91.344	881,0	1,3	0,6	38,7
Maringá	5	403.063	828,6	2,8	0,8	54,5
Fazenda Rio Grande	6	93.730	812,4	2,2	0,5	49,3
Almirante Tamandaré	7	114.129	597,2	1,2	0,4	37,4
Piraquara	8	106.132	471,2	0,9	0,4	40,0
Foz do Iguaçu	9	263.915	432,5	2,0	0,6	59,9
Londrina	10	553.393	334,1	2,4	0,7	61,5
São José dos Pinhais	11	302.759	320,6	3,3	0,6	44,9
Arapongas	12	116.960	306,5	2,8	0,7	47,1
Araucária	13	135.459	287,4	3,6	0,6	51,0
Matinhos	14	33.024	283,4	2,8	0,4	95,6
Apucarana	15	131.571	236,9	2,3	0,6	47,4
Paiçandu	16	39.728	232,5	1,5	0,6	55,7
Cambé	17	104.592	210,8	2,2	0,6	51,8
Paranaguá	18	151.829	188,3	2,8	0,4	32,4
Ibiporã	19	52.848	176,8	2,1	0,6	58,3
Ponta Grossa	20	341.130	168,4	3,1	0,6	46,6
Cascavel	21	316.226	151,2	2,4	0,7	46,7
Pato Branco	22	79.869	148,2	2,6	0,7	53,2
Rolândia	23	64.028	140,3	4,0	0,6	48,7
Medianeira	24	45.239	139,1	3,8	0,7	52,5
Quatro Barras	25	22.353	123,3	3,8	0,6	46,7
Pontal do Paraná	26	24.878	123,1	2,8	0,4	94,2
Campo Mourão	27	93.547	122,5	3,1	0,7	51,8
Francisco Beltrão	28	87.491	119,6	2,8	0,7	45,0
Jandaia do Sul	29	21.273	113,3	1,8	0,7	51,8
Toledo	30	133.824	111,7	4,2	0,7	47,6
Mandaguari	31	34.425	102,4	3,4	0,6	50,5
Campo Magro	32	27.884	100,2	1,0	0,5	33,6
Campo Largo	33	125.719	98,0	2,4	0,6	38,2
Cianorte	34	78.553	97,1	2,8	0,7	49,1
Dois Vizinhos	35	39.500	94,3	4,1	0,7	41,3
Mauá da Serra	36	9.874	90,5	3,9	0,5	35,0
Andirá	37	20.822	89,3	2,7	0,6	50,0
Umuarama	38	109.132	88,9	2,1	0,7	53,0
Santa Terezinha de Itaipu	39	22.783	85,2	2,0	0,5	44,9
Itaperuçu	40	27.131	84,7	1,1	0,4	31,2
União da Vitória	41	56.650	79,4	2,9	0,6	42,1
Campina Grande do Sul	42	42.187	78,0	1,8	0,5	38,0
Jataizinho	43	12.560	77,5	1,8	0,6	48,9
Cornélio Procópio	44	48.615	76,2	2,7	0,7	50,0
Ivaiporã	45	32.715	75,3	1,4	0,6	53,4
Mandaguaçu	46	21.920	74,7	1,7	0,6	58,0
Marialva	47	34.675	73,0	2,6	0,7	54,5
Bandeirantes	48	32.562	73,0	1,8	0,6	53,7
Siqueira Campos	49	20.303	72,7	1,8	0,6	33,5
Paranavaí	50	87.316	72,6	2,8	0,7	54,0
Média		28.177	66,9	2,2	0,5	38,8

Fonte: elaboração dos autores.

Deve-se considerar que as variáveis em análise podem apresentar dependência espacial e as características dos municípios de cada mesorregião devem ser avaliadas em conjunto. A Figura 1 apresenta as dez mesorregiões do estado do Paraná e deve ser utilizada em conjunto com a Figura 2, a qual mostra os mapas de frequência das variáveis analisadas.

Figura 1 – Mesorregiões do estado do Paraná.



Fonte: IPARDES (2019b).

A Figura 2A apresenta a densidade demográfica em habitantes por quilômetro quadrado, nota-se que os maiores valores foram obtidos para os municípios das mesorregiões Região Metropolitana de Curitiba, Norte Central e Oeste do estado do Paraná. O consumo total de água por habitante/ano (Figura 2B) mostra que os municípios com maior demanda por este bem se concentram no Noroeste, Norte Central e Norte Pioneiro. No caso do consumo total de energia elétrica anual por habitante (Figura 2C), as cidades com maiores valores concentram-se nas mesorregiões Oeste, Centro Oriental e Região Metropolitana de Curitiba. O número de veículos automotores por habitante (Figura 2D) apresenta maiores valores para os municípios das mesorregiões do Oeste Paranaense.

A análise de auto correlação espacial local possibilita identificar a presença de aglomeração ou *clusters* regionais coerentes com seu valor médio das variáveis em análise. A Figura 3 apresenta a formação de *clusters* espaciais na análise de Indicador Local de Associação Espacial (LISA) dos fatores de pressão antrópica.

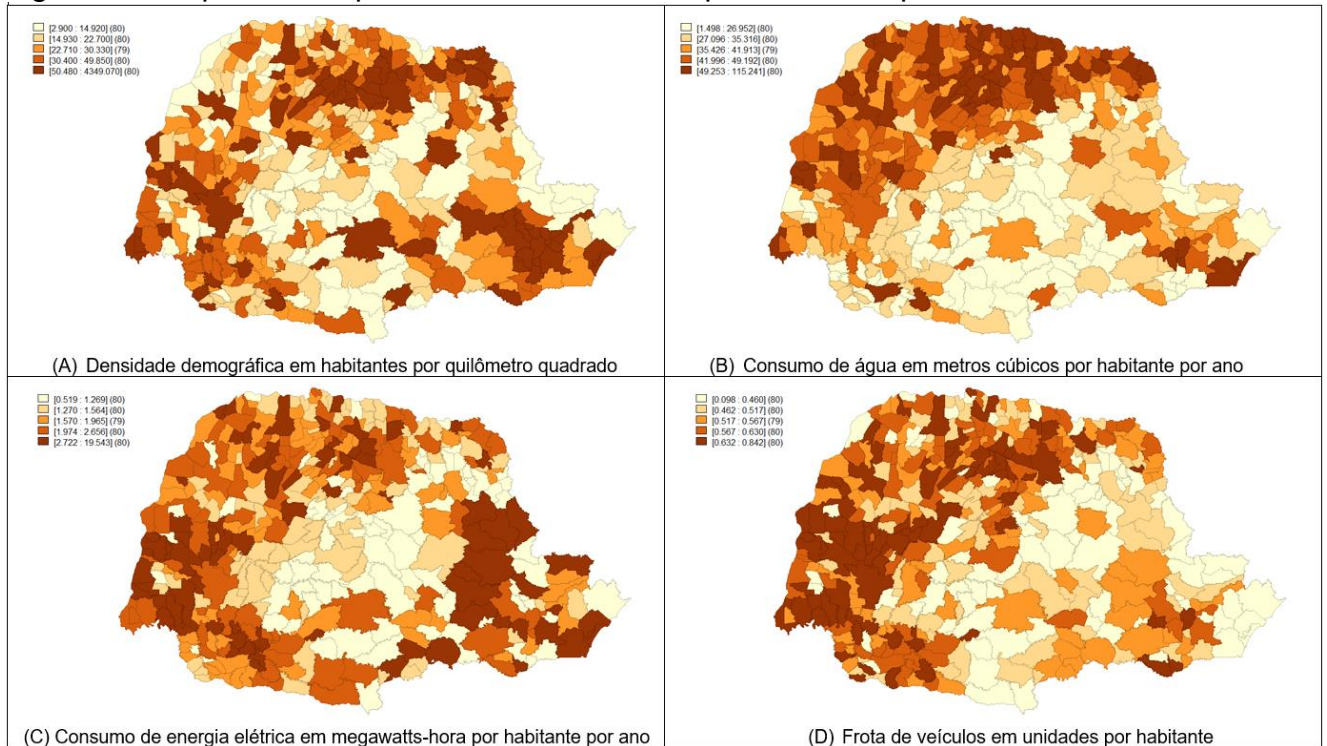
Observando a Figura 3A, nota-se que a Região Metropolitana de Curitiba possui um *cluster* alto-alto de densidade demográfica composto por treze municípios. Por outro lado, o *cluster* composto por vinte e dois municípios de baixo-baixo está localizado na parte central do estado abrangendo principalmente as mesorregiões Centro Ocidental e Centro Sul. A Figura 3B ilustra os *clusters* de consumo de água anual per capita no estado do Paraná. O Norte Central possui *cluster* de alto-alto e as mesorregiões Centro Sul e Sudeste mostram *clusters* de baixo-baixo. A auto

correlação espacial local mostrou que existem *clusters* alto-alto e baixo-baixo para o fator de pressão antrópica consumo de energia elétrica total anual per capita (Figura 3C), o primeiro em municípios das mesorregiões Centro Oriental e Região Metropolitana de Curitiba e o segundo ocupando a região central do estado e partes de diversas mesorregiões. O número de veículos automotores per capita (Figura 3D) é um fator de pressão antrópica que apresentou auto correlação espacial local com *cluster* alto-alto nas mesorregiões Oeste e Sudoeste e baixo-baixo na Região Metropolitana de Curitiba, Centro Oriental e Centro Sul do estado do Paraná.

Os *clusters* alto-alto não são coincidentes e isto mostra que os grupos identificados como alto-alto para cada um dos quatro fatores de pressão antrópica englobam diferentes municípios. Para o caso dos *clusters* baixo-baixo, existe um grupo de municípios na mesorregião Centro Sul Paranaense que se mostra como de menor pressão antrópica para os quatro fatores em análise.

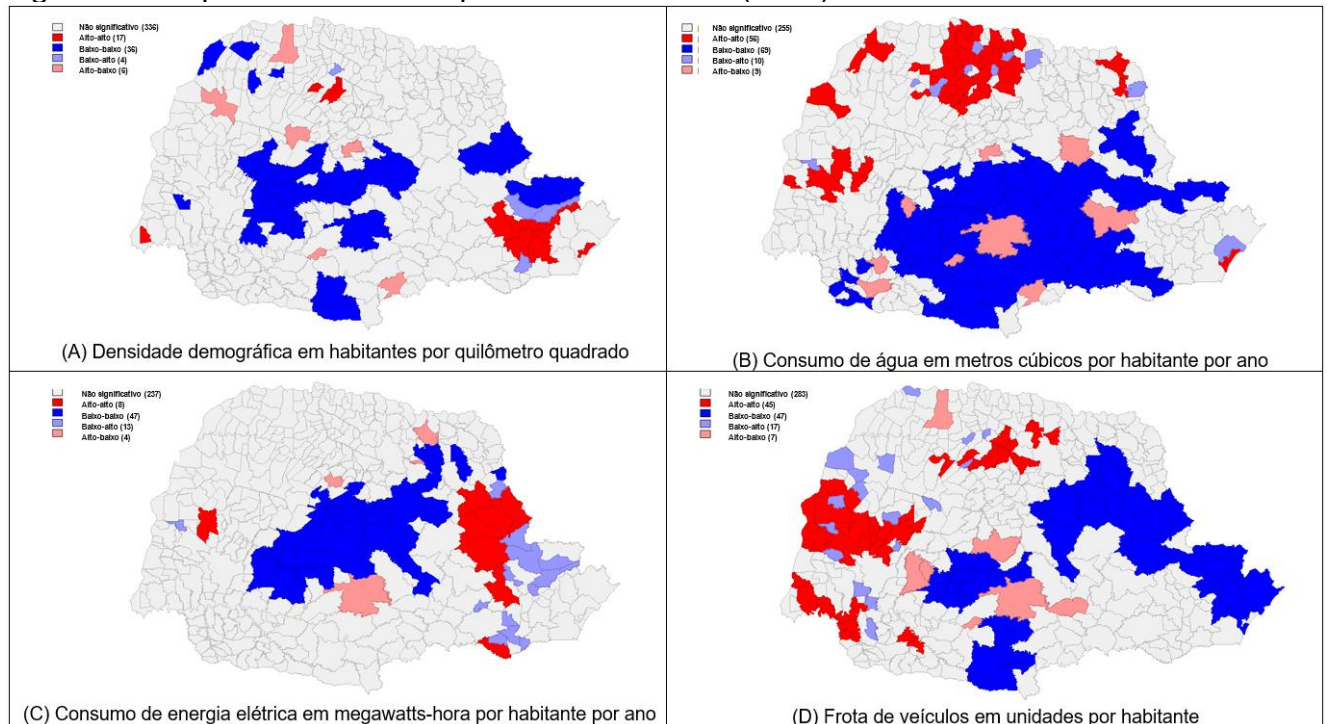
De acordo com a revisão de literatura e metodologia, a existência de agrupamentos de municípios com características semelhantes mostra a correlação espacial entre as variáveis em análise. Para o presente estudo, os resultados indicam que os municípios com maior pressão antropogênica demandam relativamente mais recursos naturais. A perspectiva demográfica traz implicações ambientais do crescimento do consumo e esbarram na constante necessidade de apreender a associação entre crescimento demográfico e degradação ambiental (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2012). Há que se considerar a relação intertemporal entre estoque de recursos ambientais e o tempo necessário para sua reposição. Atualmente, o consumo é visto como algo muito mais temido do que o crescimento da população (MELLO; SATHLER, 2015).

Figura 2 – Mapas de frequência das variáveis de pressão antrópica



Fonte: elaboração dos autores.

Figura 3 – Mapas de *clusters* espaciais univariados (LISA).



Fonte: elaboração dos autores.

Em relação ao consumo de água por habitante, as cidades com maiores volumes eram Curitiba, Foz do Iguaçu, Londrina, Matinhos e Pontal do Paraná. A Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) serve 346 municípios dos 399 com abastecimento de água potável. A capital do Paraná tem um consumo de 109,66 litros habitantes dia ou 3,29m³ *per capita* mês (SANEPAR, 2015). Oferta de água potável prevê padrões: popular 100, médio 150 e alto 250 litros habitantes dia

(ABNT/NB 12218, 1994). Para os padrões estabelecidos uma demanda superior pode ocorrer a partir das perdas na adução, tratamento, rede distribuidora, domicílios e desperdícios.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa necessita de 3,3 m³ por mês que correspondem a cerca de 110 litros de água por dia. Para que haja o fornecimento programado pela SANEPAR, ou seja, a curva de oferta depende do ciclo hidrológico. Nos serviços ecossistêmicos de regulação a disponibilidade hídrica, no Paraná, está composta por 16 bacias; Bacia Litorânea, Bacia do Ribeiro, Bacia do Cinzas, Bacia do Iguaçu, Bacias do Paraná 1, 2 e 3, Bacia do Tibagi, Bacia do Ivaí, Bacia do Piquiri, Bacia do Piropó, Bacia do Itararé, Bacias do Paranapanema 1, 2, 3, e 4. A Bacia do Rio Tibagi, dividindo-se em Alto Tibagi e Baixo Tibagi (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2015).

Municípios com consumo de energia elétrica por habitante acima da média é uma característica de São José dos Pinhais, Araucária, Rolândia, Toledo, Dois Vizinhos e Mauá da Serra. Ainda, além dos domicílios, existem outras unidades de consumo na sociedade, como, por exemplo, a administração pública e as corporações (CURRAN; DE SHERBININ, 2004; MELLO e SATHLER, 2015) A Empresa de Pesquisa Energética ((BRASIL, 2012), aponta que o consumo de energia elétrica cresce mais que o PIB, residencial e comercial.

O aumento do uso não energético e perdas elevou-se em face do acionamento das térmicas movidas a óleo combustível e diesel, em virtude das condições hidrológicas desfavoráveis, ao passo em que o PIB teve aumento menor que 1%, dada a recessão econômica mundial. Além disso, para um PIB menor que 1%, houve a necessidade de ampliação da oferta de energia em 4,15% (BRASIL, 2013).

A utilização das termelétricas no Brasil em detrimento às hidrelétricas, só em 2013, custou R\$ 9,5 bilhões ao governo federal, custo que será repassado ao consumidor em parcelas que vão de 2014 a 2018 nos processos de revisão tarifária das distribuidoras de energia. Em síntese, o ônus das operações das usinas termelétricas será repassado nas tarifas de energia elétrica dos consumidores, bem como dividida entre os demais agentes do setor elétrico, tais como: clientes livres; usinas e distribuidoras (BRASIL, 2014).

Os maiores valores de veículos por habitante destacam-se Curitiba, Maringá, Londrina, Cascavel, Pato Branco e outros listados e geram relativamente mais emissões por habitante. O incremento do consumo de combustíveis líquidos, gasolina e diesel, aproximam-se dos 5%, alavancados em virtude do aumento de veículos nas ruas, decorrentes do incentivo ao consumo promovido pelo governo federal. A elevação no consumo no setor de transportes, enquanto as atividades industriais mantiveram-se paralisadas. Ela revela a dependência do homem em relação à natureza, visto que as fontes de energia naturais são ainda predominantes na matriz energética, o que consubstancia a necessidade de busca de substituição do petróleo e seus derivados na composição da matriz (BRASIL, 2014).

Nos estudos sobre o impacto do número de veículos por habitante a política governamental vem adotando medidas de comando e controle para a utilização do biodiesel em proporções já regulamentadas. As misturas de biodiesel com o óleo diesel de petróleo visam a redução do impacto ambiental na emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEEs).

CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivos elaborar a classificação dos municípios de acordo com as variáveis de pressão antrópica e realizar a análise exploratória dos dados espaciais para determinar agrupamentos (*clusters*) de municípios identificados em suas mesorregiões.

A lista dos cinquenta municípios com maior pressão antrópica foi elaborada e possui interesse individual para a identificação de problemas específicos de cada cidade. O conhecimento gerado é importante para a elaboração de políticas que evitem ou minimizem situações de escassez de recursos (água e energia) e impactos sobre o meio ambiente da poluição causada pelas emissões móveis e alta densidade demográfica.

A Análise Exploratória de Dados Espaciais utilizando as variáveis de pressão antrópica dos municípios do estado do Paraná obteve resultados que mostraram a existência de *clusters* alto-alto para as quatro variáveis. Na Região Metropolitana de Curitiba existe um *cluster* alto-alto de densidade demográfica composto por treze municípios. O Norte Central possui *cluster* alto-alto de consumo de água anual per capita e existem dois *clusters* alto-alto para o consumo de energia elétrica total anual *per capita*, o primeiro em municípios das mesorregiões Centro Oriental e Região Metropolitana de Curitiba e o segundo ocupando em maior parte a região central do estado. O número de veículos automotores *per capita* apresentou *cluster* alto-alto nas mesorregiões Oeste e Sudoeste. Para o caso dos *clusters* baixo-baixo, existe um grupo de municípios na mesorregião Centro Sul Paranaense que se mostra como de menor pressão antrópica para os quatro fatores em análise.

Os governos municipais e estadual em conjunto com a população dos municípios participantes destes agrupamentos (*clusters*) com maior pressão antrópica devem se preocupar com a escassez de água e energia elétrica e elaborar soluções para as emissões atmosféricas, geração de resíduos líquidos e sólidos.

A elaboração da classificação dos municípios que apresentam maior pressão da atividade humana sobre o ambiente e Aplicação da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) utilizando as variáveis de pressão antrópica constitui uma inovação e preenche uma lacuna das pesquisas dentro do tema. Estudos futuros podem incluir a análise comparativa ao longo do tempo dos fatores de pressão antrópica dos municípios do estado do Paraná e de outras regiões. A dificuldade de obtenção de dados é a principal limitação dos trabalhos, mas expandir o número de variáveis permitirá utilizar novas ferramentas como a análise fatorial e identificar *clusters* espaciais bivariados.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12218. **Projeto de Rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT. Jul. 1994.

ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Alínea: Campinas, 2012.

ALMEIDA, E.S.; PEROBELLI, F.S.; FERREIRA, P.G.C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? *RER*, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 31-52, jan/mar 2008.

ALVES, J. S.; SILVEIRA NETO, R. M. Impacto das externalidades de aglomeração no crescimento do emprego: o caso do *cluster* de confecções em Pernambuco. In: **V Encontro Nacional ABER**, Recife, 24 a 26 de outubro de 2007.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ANSELIN, L. **Spacial Econometrics: methods and models**. Kluwer Academic: Boston. 1988.

BRAGA, T.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G. S.; CAREPA-SOUSA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia** (UFMG), Belo Horizonte, v. 14, n.3, p. 11-34, 2004.

BRASIL. Decreto nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013. Regulamenta a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária, e a Medida Provisória nº 605, de 23 de janeiro de 2013, que altera a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 24 jan. 2013. Seção 1, p. 1.

BRASIL. MEDIDA PROVISÓRIA Nº 647, DE 28 DE MAIO DE 2014. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 29 maio. 2014. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021**. Rio de Janeiro: EPE, 2012. 2v.

CAVASSIN, Sirlei Aparecida. **Uso de Metodologias Multicritério na Avaliação de Municípios do Paraná com Base no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia e Programação Matemática, Universidade Federal do Paraná.

FLORIS, Mario; BOZZANO, Francesca; STRAPPAVECCIA, C; Baiocchi, Valerio; PRESTININZI, A. Qualitative and quantitative evaluation of the influence of anthropic pressure on subsidence in a sedimentary basin near Rome. **Environmental earth sciences**, v. 72, n. 11, p. 4223-4236, 2014.

GUIMARÃES, José Ribeiro Soares; JANNUZZI, Paulo de Martino. IDH, indicadores sintéticos e suas aplicações em políticas públicas: uma análise crítica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 73, maio 2005.

ISSN 2317-1529. Disponível em: <<http://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/136>>. Acesso em: 27 fev. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.2005v7n1p73>.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Sistema de Informações Geográficas para Gestão de Recursos Hídricos**. Curitiba: SEMA, 2018.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Base de dados do estado – BDEweb. Disponível em: <<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em: 13 jan. 2019a.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Base Cartográfica**. Disponível em:

<http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/mesorregioes_geograficas_base_2010.jpg>. Acesso em: 13 jan. 2019b.

JANUZZI, Paulo de Martino. Políticas Públicas Municipais e Indicadores Sociais. **RAP**, Rio de Janeiro 36(1):51-72, Jan./Fev. 2002.

LLANILLO, R.F.; PELLINI, T. e DORETTO, M. Territórios rurais no Paraná. In: **Congresso da SOBER. Anais...** Cuiabá: UFMT, 2004.

MAY, P.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

MELLO, Leonardo Freire de; SATHLER, Douglas. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 32, n.2, p. 357-380, maio/ago. 2015.

MELLO-THÉRY, Neli Aparecida de; LANDY, Frédéric; ZÉRAH, Marie-Hélène. Políticas ambientais comparadas entre países do sul: pressão antrópica em Áreas de Proteção Ambiental Urbanas. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 9, n. 20, 2010.

OZON, Rodrigo Hermont. **Índice de desenvolvimento municipal: simulando a dinâmica dos negócios com análise fatorial**. 2011. 85p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Ciências Sociais Aplicadas, Curitiba.

PARRÉ, José Luiz; MELO, Carmem Ozana de. Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, p. 329-365, 2007.

RE, V; CISSÉ, Faye S, FAYE; A, FAYE, S; GAYE, CB; SACCHI, E; ZUPPI, GM. Water quality decline in coastal aquifers under anthropic pressure: the case of a suburban area of Dakar (Senegal). **Environmental monitoring and assessment**, v. 172, n. 1-4, p. 605-622, 2011.

REZENDE, L.P. e PARRÉ, J.L. A regionalização da agricultura paranaense na década de 1990: um estudo utilizando estatística multivariada. **Congresso da SOBER. Anais...** SOBER. Cuiabá, 2004.

REZENDE, L.P. e PARRÉ, J.L. Comparação do grau de desenvolvimento agrícola dos municípios paranaenses. **Congresso da SOBER. Anais...** SOBER. Juiz de Fora, 2003.

RIBEIRO, A. Modelos de Regressão Territorial. In: COSTA, J.S.; DENTINHO, T.P.; NIJKAMP, P. (coord.). **Compêndio de Economia Regional: métodos e técnicas de análise regional**. Vol II. Principia, 2011.

SABATER, L.A.; TUR, A.A.; AZORÍN, J.M.N. Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE). In: COSTA, J.S.; DENTINHO, T.P.; NIJKAMP, P. **Compêndio de Economia Regional: métodos e técnicas de análise regional**. Vol. 2. Principia, p. 237-298, 2011.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual do sistema de gestão ambiental**. Curitiba, Documento Interno: Sistema Normativo da SANEPAR, 2015.

SILVA, A.R. **Avaliação de regressão espacial para análise de cenários do transporte rodoviário de cargas**. 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado em Transporte), Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006.

SILVEIRA NETO, V.R.P; MEDEIROS, C.N. **Análise espacial da extrema pobreza no estado do Ceará**. Texto para discussão, Instituto de Pesquisa Estratégica Econômica do Ceará (IPECE), Fortaleza, 2011.

THOMAS, J. M., CALLAN, S. J. **Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

TYSZLER, M. **Econometria espacial: discutindo medidas para a matriz de ponderação espacial**. 2006, 115 f. Dissertação (mestrado). Fundação Getúlio Vargas – Escola de Administração de Empresas de São Paulo.

VIEIRA, R.S. **Crescimento econômico no Estado de São Paulo: uma análise espacial**. São Paulo: Cultura acadêmica. 2009.