

# Incidência de dengue no Rio Grande do Sul: uma análise econométrica espacial

Dengue incidence in Rio Grande do Sul: a spatial econometric analysis

**Willian Boschetti Adamczyk\***

PUCRS, Brasil

willianadamczyk@yahoo.com.br

**Gabriela Bassani Fahl\*\***

UFG, Brasil

gabi.fahl@hotmail.com

---

**Resumo.** O estudo objetiva verificar os padrões de dependência espacial de fatores socioeconômicos e demográficos explicativos para o registro de casos de dengue nos municípios do Rio Grande do Sul entre os anos de 2009 a 2015. Para isso, é estabelecida uma ponte interdisciplinar entre as áreas da epidemiologia e economia. Através de um modelo econométrico Logit estimado via GMM espacial de Conley (1999), verificamos que o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), Índice de Gini para desigualdade de renda e a densidade populacional mostram-se parcialmente explicativos, complementando-se a análise através de considerações acerca das condições climáticas específicas a cada região.

**Palavras-chave:** Dengue, análise espacial, economia da saúde, mapeamento geográfico.

**Abstract.** The present work aims to verify patterns of spatial dependence of socioeconomic and demographic factors that could explain the register of dengue disease in the cities of Rio Grande do Sul between the years of 2009 and 2015. We established an interdisciplinary bridge between epidemiology and economics. Using an econometric Logit model estimated with Conley's (1999) spatial GMM method, we found that the Municipal Human Development Index (IDH-M), Gini index for income inequality and population density are partial explanations, while we complement the analysis with considerations on specific climatic conditions of each region.

**Keywords:** Dengue, spatial analysis, health economics, geographic mapping.

---

\*Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul. Av. Ipiranga, 6681, Partenon, 90619-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

\*\*Universidade Federal de Goiás. Av. Esperança, s/n, Chácaras de Recreio Samambaia, 74690-900, Goiânia, GO, Brasil.

---

## Introdução

Em termos de magnitude epidemiológica, a dengue é hoje a doença viral transmitida por mosquitos mais importante do Brasil. Concomitante ao surgimento das ocorrências do vírus da zika, os casos de dengue são mais numerosos e se espalham por todo o território nacional (Teixeira e Cruz, 2011).

A partir da primeira epidemia registrada no país em 1986, a dengue tornou-se questão de saúde pública nacional. Segundo Tumiotto (2014), o primeiro caso registrado no Rio Grande do Sul ocorreu em 1996. Porém, o primeiro caso autóctone da doença foi registrado apenas em janeiro de 2007. Desde então, diversas áreas do conhecimento têm dedicado esforços e recursos no estudo de seu controle e tratamento.

As ciências da saúde, em particular, focam nas características orgânicas da transmissão do vírus e as consequências que essa transmissão tem no organismo humano. A prevenção do processo de adoecimento, contudo, não pode ser pautado pela atenção ao indivíduo infectado. Segundo Valle *et al.* (2016), o país convive com falhas na prevenção, dependentes em muitos aspectos que extrapolam o setor da saúde. Em especial, merecem destaque os aspectos macroestruturais, socioeconômicos e ambientais, historicamente ignorados em prol de intervenções meramente biomédicas ou tecnológicas.

Sabendo que a ocorrência da dengue não se deve exclusivamente a fatores biológicos, mas também sociais, outras áreas da ciência, como a economia e a geografia, podem contribuir para a construção do conhecimento em torno no mosquito e da dengue utilizando análise espacial como método. Assim surgiu a ideia desse estudo, tendo como objetivo a identificação de elementos socioeconômicos e demográficos que explicam as taxas de incidência de dengue nos municípios do Rio Grande do Sul para os anos de 2009 a 2015.

A utilização de técnicas de análise espacial que agreguem variáveis sociais e econômicas nas análises de dengue é

admitida e incentivada pelos pesquisadores de saúde, que consideram a existência de limitações nas suas metodologias para a compreensão do fenômeno de adoecimento. De acordo com Resendes *et al.* (2010), o uso de metodologias que melhor destaquem processos ambientais e sociais interferentes nos padrões de transmissão de doenças é de grande importância para adoção de medidas eficazes de prevenção e controle. Assim, a estratificação do espaço, segundo indicadores socioambientais, acrescida das informações relativas ao nível de endemicidade da área, constitui importante instrumento de apoio ao planejamento das ações. Dessa forma, é necessário conhecer as características demográficas e socioeconômicas das unidades territoriais na análise das diferentes situações em saúde, assim como dos seus grupos populacionais.

As características socioeconômicas de uma região adotam um conceito de desenvolvimento econômico, não apenas representado pelo crescimento da renda, mas sua desigualdade de distribuição e relação com a estrutura educacional e de saúde. De acordo com Sen (2000), a concepção de desenvolvimento deve ultrapassar a análise da renda e incorporar necessidades básicas para relacionar-se com a possibilidade de melhora de vida. Para isso, incorpora-se na análise de endemicidade as variáveis de desigualdade de renda, resumida pelo Índice de Gini, e de desenvolvimento social expresso pelo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M).

A utilização de uma metodologia específica e bem definida é importante no trabalho com análise espacial. Caso contrário, os recortes nem sempre representarão a realidade envolvida na dinâmica da doença, tão pouco detectarão adequadamente os padrões de transmissão das mesmas visto que os processos tanto ambientais quanto sociais, incluindo-se aqui os processos que promovem ou restringem situações de risco à saúde, não se limitam às fronteiras imaginárias criadas para delimitar espaços de poder (Resendes *et al.*, 2010).

Os problemas resultantes dos recortes espaciais utilizados, chamados de *problemas da unidade de área modificável* podem ser

solucionados através da análise dos fatores que definem a vulnerabilidade ou não de uma área. Sabe-se, por exemplo, que piores condições de infraestrutura de serviços de saneamento e alto incremento populacional, assim com maior percentual de residências em situação de favela, são mais vulneráveis para a produção e reprodução das doenças infecciosas (Resendes *et al.*, 2010).

Contudo, algumas áreas são mais propensas à ocorrência de agravos por motivos climatológicos – particularmente a dengue tem um padrão de dispersão nitidamente dependente de variáveis climáticas. Dessa forma, é importante que a análise espacial da doença não seja limitada aos dados de incidência da doença, mas ajustados para os fatores de confusão como temperatura e umidade. Nesse estudo, esses ajustes foram realizados através de uma análise qualitativa dos resultados, observando os locais de clusterização da doença e os relacionando com as características de cada *cluster*, buscando explicações satisfatórias.

De modo geral, pode-se afirmar que “se a doença é uma manifestação do indivíduo, a situação de saúde é uma manifestação do lugar” (Barcellos *et al.*, 2002, p. 129). A análise de situação de saúde é um processo dependente da territorialização do espaço em unidades com uma lógica de distribuição humana segundo similaridades de interesse.

Após esta introdução, explicamos de forma geral os procedimentos metodológicos adotados. Na seção 3 trazemos as estatísticas descritivas. Na seção 4 realizamos a análise espacial, utilizando a abordagem LISA (*Local Indicators of Spatial Association*), além da proposição de modelos econométricos que nos permitem traçar conclusões acerca dos resultados encontrados. Na seção 5, as considerações finais.

## Metodologia

A investigação de processos de dependência espacial, ou seja, de “contágio” entre os municípios se dá por meio de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). De forma geral, Anselin (1999) define a autocorrelação espacial como

a coincidência de valores em localidades vizinhas. Além disso, essa dependência espacial retrata situações nas quais os valores observados em uma região dependem dos valores observados nas regiões vizinhas.

Para a identificação da existência de autocorrelação espacial, utiliza-se a ferramenta do *I* de Moran Global proposto por Anselin (1995). Segundo Almeida (2012), o coeficiente representa a inclinação da reta de regressão linear simples calculada via Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), formalmente definido por:

$$\hat{\beta} = I = \left( \frac{z_t' W z_t}{z_t' z_t} \right) \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Em que  $z_t$  é o vetor de  $n$  observações para o ano  $t$  na forma de desvio em relação à média.  $W$  representa a matriz de pesos espaciais a ser definida, sendo que os elementos  $w_{ii}$  na diagonal são iguais a zero, enquanto que os elementos  $w_{ij}$  indicam a forma como a região  $i$  está espacialmente conectada com a região  $j$ . A seleção da matriz de dependência espacial segue o critério de Baumont (2004), que recomenda a adoção da matriz que gera o maior *I* de Moran estatisticamente significativo.

O *I* de Moran Global não revela padrões locais e pode ser suscetível à influência de *outliers*. A fim de complementar essa análise com uma visualização cartográfica, utilizamos a decomposição do indicador *I* de Moran Local, definido por Anselin (1999) como LISA, expresso por:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_i w_{ij} (y_i - \bar{y})^2 / n} = z_i \sum_j w_{ij} z_j / \sum_i z_i^2 \quad (2)$$

Onde  $z_i$  e  $z_j$  são variáveis padronizadas e a somatória sobre  $j$  é tal que somente os valores dos vizinhos  $j \in J_i$  são incluídos. O conjunto  $J_i$  abrange os vizinhos da observação  $i$  e  $n$  denota o total de observações.

O caráter da dependência espacial será identificado através de testes de Multiplicador de Lagrange (LM). Os resultados desses testes justificam a escolha de um modelo autoregressivo espacial (SAR), ou então, de um modelo de erros espaciais (SEM). Procede-se então na

estimação de modelos econométricos espaciais a fim de identificar a contribuição de fatores socioeconômicos para o registro de dengue nos municípios. O modelo proposto segue a forma:

$$DRDeng = \beta_0 + \beta_1 DensPop + \beta_2 Gini + \beta_3 IDHM + \varepsilon \quad (3)$$

Em que *DRDeng* é uma *dummie* que assume valor 1, se o município registrou ao menos um caso de dengue no ano, e valor 0, se o município não reportou nenhum caso. Além da constante, inclui-se a Densidade populacional (*DensPop*) do município, seu Índice de *Gini*, e seus IDH-M.

A estimação de modelos que incorporam a dependência espacial costuma ser feita por Máxima Verossimilhança, dado que a endogeneidade das defasagens espaciais torna o MQO inconsistente. Todavia, um pressuposto necessário para a consistência desse método é a normalidade na distribuição dos resíduos. Detecta-se que os dados não possuem essa característica, adotando-se então o procedimento do Método Generalizado dos Momentos (GMM) para dados espaciais proposto por Conley (1999).

Apesar de não estimar os parâmetros espaciais, esse procedimento não requer a especificação de uma matriz de pesos espaciais, o que se torna um problema em outros modelos que são sensíveis à escolha da matriz. Em seu lugar, informa-se vetores de coordenadas georreferenciadas, como latitude e longitude.

A utilização de variáveis dependentes binárias com dados espaciais em *cross section* são fatores reconhecidos como causadores de heteroscedasticidade, invalidando a inferência dos coeficientes estimados. Segundo Almeida (2012), o procedimento GMM é capaz de estimar modelos lineares e não lineares, calculando erros padrão robustos à dependência espacial e à heteroscedasticidade. Formalmente, o modelo pode ser expresso por:

$$y_i = m(x_i, \beta) + \varepsilon_i \quad (4)$$

onde *m* é uma função linear ou não linear,  $x_i$  contém as variáveis explicativas, e o termo de erro  $\varepsilon_i$  possui média zero,

podendo ser heteroscedástico ou espacialmente dependente. Segundo Ywata e Albuquerque (2011), a flexibilidade da estimação por GMM permite o tratamento de modelos não lineares, com formulações paramétricas como a Logit, na qual:

$$m(x_i, \beta) = \frac{e^{x_i^T \beta}}{1 + e^{x_i^T \beta}} \quad (5)$$

Desta forma, adota-se um modelo de resposta binária Logit estimado via GMM de Conley (1999) para cada ano estudado entre 2009 e 2015. Antes da modelagem econométrica, é necessária a descrição e análise exploratória dos dados.

## Dados

Os dados utilizados para a elaboração da pesquisa foram obtidos de forma secundária em plataformas de acesso livre. As informações sobre casos de dengue em cada município foram acessadas no site do Datasus (Ministério da Saúde, 2016), para 496 municípios do Rio Grande do Sul. Já os dados socioeconômicos foram obtidos a partir do Censo Demográfico 2010 (IBGE). Para as análises, foram utilizados os softwares livres GeoDa e IpeaGeo.

A partir dos dados obtidos (Ministério da Saúde, 2016), podemos observar que o número de casos registrados no Estado varia substancialmente de um ano para outro, possivelmente em função das condições climáticas e pluviométricas presentes nos períodos. O município de Porto Alegre registra o maior número de casos em três anos, 2009, 2012 e 2013 (32%; 23,5% e 55,9% dos casos estaduais, respectivamente). Nos demais anos, se destacam como os municípios a ter maior proporção de registros da doença no estado: Ijuí, com 84,8% em 2010, Santa Rosa, com 53,1% em 2011, Ubiretama com 36,9% em 2014 e Caibaté com 21,1% em 2015.

Todas as cidades que se mantêm entre as líderes no registro da doença se situam em zonas climáticas de elevada pluviosidade e altas temperaturas no verão; Porto Alegre, Ijuí e Santa Rosa possuem alta densidade populacional, que ajuda na disseminação da dengue. O estudo concentra-se sobre os

fatores socioeconômicos relativamente constantes no tempo, que são determinantes para a manutenção do padrão espacial da distribuição da doença. Essas hipóteses serão investigadas na seção 4.

Verificamos também que a distribuição de casos é desigual, tendo alguns municípios apresentado mais de mil casos e outros não apresentado nenhum. Dessa forma, optou-se por dicotomizar a variável, classificando os municípios de acordo com a presença ou a ausência de casos de dengue.

Essa opção foi feita em virtude da dificuldade criada pela carência de informações relativas à notificação. Não se sabe, por exemplo, se a pessoa foi diagnosticada em Porto Alegre, onde trabalha, mas reside em Canoas; se os pacientes buscam tratamento nas grandes cidades, onde presumivelmente a infraestrutura de saúde é mais apropriada, ao invés das suas cidades de residência.

Assim, tornando a variável dicotômica (presença ou ausência de casos de dengue na cidade), diminui-se a importância da quantidade de casos e permite-se trazer o foco da análise para a formação de clusters de cidades em que a doença está presente. Na seção seguinte, utilizamos técnicas exploratórias de dados espaciais para verificar os padrões presentes na distribuição espacial da doença, e sua relação com as variáveis socioeconômicas através de técnicas econométricas que nos permitirão traçar conclusões acerca das hipóteses levantadas.

## Resultados

O ferramental da AEDE permite detectar padrões heterogeneidade e autocorrelação espacial entre as observações. Para descobrir se os dados são aleatoriamente distribuídos no espaço, adotam-se estatísticas de autocorrelação espacial como  $I$  de Moran global. Essa estatística é necessária para a definição de matrizes de contiguidade, a fim de verificar a existência de *clusters* através da análise LISA.

O coeficiente do  $I$  de Moran pode ser interpretado como a inclinação da linha de regressão entre a variável em análise, e os

valores dessa variável em seus vizinhos. De modo geral, o diagrama de dispersão representa os valores de duas variáveis observadas nas regiões, com a indicação da declividade da reta da regressão calculada por MQO.

No caso univariado, a segunda variável é uma defasagem espacial da primeira variável. “A ideia intuitiva é descobrir se os valores de uma variável observada em uma dada região guardam uma associação com os valores de outra variável observada em regiões vizinhas” (Almeida, 2012, p.117).

Por meio deste indicador de autocorrelação espacial pode-se rejeitar a hipótese de distribuição aleatória espacial da dengue no Rio Grande do Sul. A significância de uma autocorrelação positiva indica que municípios com casos de dengue estão rodeados por outros municípios com registro de dengue, ou também, que municípios sem o registro de casos estão cercados de semelhantes. Na Tabela 1, visualizamos os resultados dos coeficientes significativos do  $I$  de Moran para cada ano utilizando matrizes do tipo *Queen* e *Rook* de ordem 1.

Para tornar a escolha do valor de  $n$  não arbitrária, o procedimento de Baumont (2004) foi adotado. A autora recomenda o teste de diversas matrizes, adotando-se a de maior coeficiente estatisticamente significativo. As matrizes do tipo *k-nearest* e de ordens mais elevadas testadas apresentaram valores inferiores. Por estes critérios, a matriz escolhida é a *Rook*, por gerar o mais alto valor  $I$  de Moran significativo para o maior número de períodos. Definiu-se a ordem igual a 1, na qual a matriz de pesos espaciais é construída considerando os vizinhos imediatos mais próximos.

Em nosso caso, a significância das matrizes de contiguidade nos permite afirmar que as condições que produzem o registro de casos de incidência de dengue geram resultados que se propagam do local onde ocorrem para os locais que estão na sua vizinhança. Logo, a combinação das técnicas de AEDE é adequada para ser usado em análises espaciais univariadas e bivariadas.

**Tabela 1.** I de Moran das Matrizes de Contiguidade**Table 1.** Moran I's of the Contiguity Matrices

Ano	Queen	Rook
2009	0,0565	<b>0,0570</b>
2010	0,1585	<b>0,1590</b>
2011	0,0785	<b>0,0826</b>
2012	0,0951	<b>0,0972</b>
2013	<b>0,1103</b>	0,1095
2014	0,1313	<b>0,1329</b>
2015	<b>0,1127</b>	0,1125

Fonte: Elaboração própria.

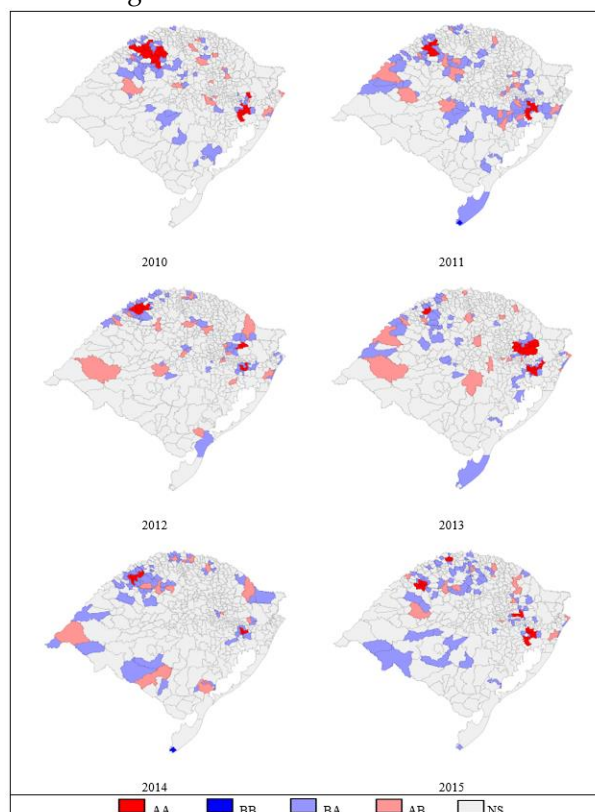
### *Local Indicators of Spatial Association (LISA)*

A seguir, é realizado um mapeamento de *clusters*, através dos LISA. Essa metodologia foi inicialmente concebida por Anselin (1995) para dados contínuos. Em nosso estudo, a variável de registro de casos de dengue é binária, assumindo o valor 1, se o município registrou ao menos um caso de dengue naquele ano, ou o valor 0 no caso contrário. A mudança altera a interpretação de “alto” e “baixo” como municípios e vizinhos que registraram ou não a doença.

A análise LISA nos permite verificar a ideia de efeitos de transbordamento do registro de casos de Dengue de uma cidade

para seus vizinhos, formando assim *clusters* de municípios com ou sem registros de incidência. Se há a formação de *clusters* espaciais é porque o fenômeno possui dependência espacial, ou seja, há um processo de “contágio”. Além disso, Anselin (1995) ressalta que a LISA serve para interpretar indicadores de grupos locais não estacionários ao longo do espaço e também revelar a influência de localidades individuais na magnitude de estatísticas globais, possibilitando identificar *outliers*.

O Quadro 1 relaciona geograficamente os municípios que registraram casos de dengue no Rio Grande do Sul com os registros de dengue nos municípios vizinhos para cada ano de 2009 a 2015.

**Quadro 1.** *Clusters* de Contágio de Dengue nos Municípios do Rio Grande do Sul.**Frame 1.** Clusters of Dengue Infection in the towns of Rio Grande do Sul.

Fonte: Elaboração própria.

As regiões em vermelho representam um *cluster* do tipo alto-alto (AA), o que indica que municípios que reportaram casos de dengue estão cercados de municípios que também registraram a doença. Regiões em azul formam um *cluster* considerado baixo-baixo (BB), não apresentando casos nos municípios e em seus vizinhos. As colorações intermediárias representam situações alto-baixo (AB) e baixo-alto (BA), nos quais o município registra casos, mas seus vizinhos não, e situações nas quais os vizinhos registram a doença e o município não, respectivamente.

Os *clusters* são recorrentes, sendo encontrados nos mesmos locais em cada ciclo anual, porém em tamanhos variados. As áreas da Região Metropolitana de Porto Alegre e o Noroeste do estado registram *clusters* da doença em todos os anos observados. Nos anos de 2012 e 2013 a região da Serra Gaúcha também forma *clusters* de registro de dengue. Os municípios do extremo sul aparecem recorrentemente numa relação baixo-baixo, por não terem registrados casos nos municípios e nos seus vizinhos.

A análise espacial através do LISA confirma a existência da dependência espacial no fenômeno da dengue no Rio Grande do Sul. Em seu estudo a nível nacional, Cabral e Freitas (2012) afirmam não encontrar indícios de dependência espacial para a dengue no Brasil. Sem a ocorrência de externalidades e transbordamentos, os esforços de combate à dengue são questões de interesse municipal. A nossa análise evidencia o contrário, que a dengue é uma questão regional, pois a formação de *clusters* na análise LISA indica um processo de contágio entre municípios que reportaram casos da doença. Essa correlação foi encontrada no nível municipal por Teixeira e Cruz (2011) na cidade do Rio de Janeiro.

As visualizações da análise LISA evidenciam os resultados de autocorrelação espacial no registro dos casos de dengue no Rio Grande do Sul. A partir desses resultados, produz-se uma análise econométrica a fim de investigar os fatores socioeconômicos e de dependência espacial

que influenciam o surgimento de casos de da doença nos municípios.

### *O modelo econométrico-espacial*

A seguir estima-se a equação de Registro de Incidência de Dengue através do método de Mínimo Quadrados Ordinários (MQO), e realiza-se os seguintes testes para identificar a existência e o caráter da dependência espacial: o teste *I* de Moran, aplicado aos resíduos da estimação OLS; o teste do *Multiplicador de Lagrange* robusto (LM) para a variável dependente; e, o teste do *Multiplicador de Lagrange* robusto (LM) para o termo de erro. Caso os testes detectem dependência espacial, procede-se na escolha de qual o modelo de econometria espacial possui a melhor especificação para o objetivo proposto.

Esta dependência pode se dar sobre a variável dependente ou sobre os erros. Segundo Almeida (2012), a identificação do tipo de dependência espacial no modelo é importante porque sua desconsideração acarreta em estimadores viesados e inconsistentes, ao passo que desconsiderar o erro espacial provoca a ineficiência nas estimativas, porém, estas permanecem não viesadas e consistentes.

A Tabela 2 traz os testes LM para a identificação do melhor modelo a ser estimado para o ano de 2015. De acordo com os testes, é possível afirmar que o método de Mínimos Quadrados Ordinários não é o mais apropriado. Ao analisar o teste *I* Moran, verifica-se que o mesmo é estatisticamente significativo a 1% de significância, indicando assim, que existe a ocorrência de autocorrelação espacial. Os testes mais significantes, MLA (erro e erro robusto), indicam que o modelo mais adequado para o estudo da Dengue no Estado do Rio Grande do Sul é o modelo de *Spatial Error* (SEM).

O modelo SEM foi estimado por Máxima Verossimilhança (MV), incluindo as variáveis de Densidade Populacional, Índice de Gini, e IDH-M, calculados pelo IBGE (2010). Este modelo mostrou que os coeficientes são significativos para os três primeiros fatores, além da constante, a 1%. O coeficiente  $\lambda$ , que denota a dependência

espacial dos erros, também é significativo a 1%. Alternativamente, estimamos o modelo SAR, que se mostrou significativo apenas a 3,8% de acordo com o Teste de

Verossimilhança. Por esse teste, confirmamos os resultados dos testes LM para a escolha de um modelo SEM.

**Tabela 2.** Diagnóstico de dependência espacial.

**Table 2.** Diagnostics of spatial dependence.

Teste	Coefficiente	P-valor
I de Moran	3.2869	0.00101***
ML $\rho$ (defasagem)	5.2899	0.02145**
ML $\rho$ (defasagem robusta)	4.0799	0.04340**
ML $\lambda$ (erro)	9.4566	0.00210***
ML $\lambda$ (erro robusto)	6.0985	0.00408***

Fonte: Elaboração própria no software GeoDa 1.6.

Notas: \*Significativo a 10%, \*\*Significativo a 5%, \*\*\*Significativo a 1%.

A estimação por MV dos modelos SAR e SEM não é adequada frente à presença de não normalidade. O diagnóstico dos testes de especificação revela que tanto a hipótese de normalidade quanto a hipótese de homoscedasticidade dos erros podem ser rejeitadas. Pelo teste Jarque-Bera, os erros não são distribuídos normalmente, enquanto por meio do teste de Koenker-Bassett, há evidências de heteroscedasticidade nos resíduos, o que invalida a inferência dos coeficientes.

Os problemas considerados nos inclinam a não aceitar o modelo linear SEM como o

modelo apropriado, e sim, a investigar um modelo para variáveis dependentes binárias. Adota-se então o procedimento do Método Generalizado dos Momentos proposto por Conley (1999). Dado o caráter binário da variável dependente, o modelo Logit com incorporação da dependência espacial é mais adequado para tratar a heteroscedasticidade do que os modelos lineares. Assim, um modelo Logit Espacial para o ano mais recente, de 2015, é estimado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultados do Modelo Logit Espacial para 2015.

**Table 3.** Results of the Spatial Logit Model for 2015.

Variável	Coefficiente	Desvio-padrão	Est. t	p-valor
Constante	-20.5695	3.0835	-6.6709	0.0000***
Densidade Pop.	0.0018	0.0008	2.2877	0.0221**
Gini	6.4405	1.9238	3.3477	0.0008***
IDH-M	21.8006	3.8946	5.5976	0.0000***
Pares previstos:				
Concordantes	78.27%			
Discordantes	21.72%			

Fonte: Elaboração própria com o software IpeaGeo 2.1.

Notas: \*Significativo a 10%, \*\*Significativo a 5%, \*\*\*Significativo a 1%.

Este modelo ilustra os modelos estimados também para os anos de 2009 a 2014. Por não possuir efeitos parciais constantes, nosso interesse de análise recai sobre a direção dos coeficientes. A direção se mantém a mesma em todos os anos, variando em magnitude e *p-valor* estatisticamente significativo. A Densidade Populacional, Gini e IDH-M contribuem positivamente para a chance de incidência de dengue em um município. Quanto maiores os valores dessas variáveis, maior

tende a ser a chance de o município registrar casos de dengue.

Para termos uma ideia do ajuste do modelo podemos observar o número de pares concordantes e discordantes previstos. Segundo Almeida (2012), a proporção de pares é uma medida do nível de coincidência entre as predições do modelo e as observações — em outras palavras, como o modelo reflete os dados observados. A coluna C da Tabela 4 representa o percentual de casos corretamente previstos pelo



modelo Logit Espacial. Em todos os anos esse percentual é satisfatório e indica um bom ajuste dos modelos.

Podemos observar que a Densidade Populacional é significativa a 5% em todos os anos, fornecendo evidências para afirmarmos que municípios com maior

adensamento são mais propensos a registrar casos da doença. Esta conclusão está de acordo com estudos semelhantes de De Simone *et al.* (2004), Scandar (2007), Machiner *et al.* (2009), Carneiro e Candeias (2010), Cabral e Freitas (2012).

**Tabela 4.** Resultados do Modelo Logit Espacial de 2009 a 2015.

**Table 4.** Results of the Spatial Logit Model from 2009 to 2015.

Ano	Constante	Densidade	Gini	IDH-M	C (%)
2009	NEG***	POS***	POS	POS***	77,92
2010	NEG***	POS**	POS***	POS***	79,61
2011	NEG***	POS***	POS***	POS***	84,38
2012	NEG***	POS***	POS	POS***	75,54
2013	NEG***	POS***	POS***	POS***	79,65
2014	NEG***	POS***	POS*	POS***	81,02
2015	NEG***	POS**	POS***	POS***	78,27

Fonte: Elaboração própria com o software IpeaGeo 2.1.

Notas: \*Significativo a 10%, \*\* Significativo a 5%, \*\*\* Significativo a 1%.

O Índice de Gini mostrou-se sempre positivo e significativo em 4 dos 7 anos analisados: 2010, 2011, 2013 e 2015. A contribuição positiva da desigualdade de renda para a maior chance de incidência de dengue também foi encontrada por Teixeira e Cruz (2011), quando estudaram a espacialização da dengue na cidade do Rio de Janeiro, e por Resendes *et al.* (2010), quando estudaram as áreas prioritárias para ações de controle da dengue na cidade de Niterói-RJ.

O IDH-M se mostrou positivo e significativo em todos os anos analisados. Isso indica que municípios com níveis mais elevados de desenvolvimento socioeconômico tem maiores probabilidades de registrarem casos de dengue. A discussão das razões para os resultados dos modelos estimados é reservada para a seção seguinte.

### Discussão

A partir dos resultados encontrados nas seções anteriores podemos refletir sobre as razões para a diferente incidência de dengue nas regiões e municípios do Estado. As técnicas econométricas apontaram como significativos os efeitos positivos da densidade demográfica, desigualdade de renda e IDH-M para a incidência de dengue.

A recorrência dos registros mais altos de dengue em Porto Alegre, nos anos de 2009, 2011 e 2012, pode ser explicada por duas características. A primeira é a alta densidade populacional da região metropolitana, que favorece a dispersão da doença. O segundo é o clima, já que Porto Alegre está situada em uma faixa de clima úmido e quente no verão, características ideais para o aumento da proliferação do mosquito transmissor da dengue.

A significância da densidade populacional como fator explicativo da incidência de dengue por este trabalho, assim como em estudos anteriores, confirma a importância do direcionamento de políticas para áreas de maior adensamento da população. Os resultados confirmam a hipótese de correlação positiva com a ocorrência da doença. Como o principal mosquito transmissor (*Aedes aegypti*) se beneficia fortemente em ambientes urbanos, em razão da presença de condições ideais para a reprodução (recipientes artificiais para armazenamento de água) e de abundantes fontes de alimentação para a fêmea (sangue humano), é esperado que em ambientes densamente povoados ocorra maior proliferação do mosquito e, consequentemente, mais sujeitos sejam

contaminados (Zara *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2006).

Considera-se também, que as ocorrências das desigualdades sociais são rotineiramente encontradas em proximidade geográfica. Essa afirmação vale não apenas quando se realizam análises ao nível municipal, como se percebe no trabalho de Teixeira e Cruz (2011) como também quando as análises são realizadas ao nível estadual, conforme os achados do presente estudo. Dessa forma, sabendo-se que o Índice de Gini tem uma correlação espacial e que a incidência de dengue também apresenta a mesma correlação é possível afirmar que é provável que onde há desigualdade de renda exista também alta incidência de dengue.

Segundo Resendes *et al.* (2010), o agravamento das desigualdades sociais associadas à segregação espacial, que restringem o acesso da população a melhores condições de vida, é a justificativa da utilização da estratificação territorial aplicada à vigilância em saúde. Quando se trabalha com padrões de transmissão de doenças infectocontagiosas, os fatores sociais e demográficos influenciam fortemente a formação de *clusters* que devem ser focos prioritários de ações preventivas. Os resultados do presente estudo corroboram essas hipóteses, indicando que o estado do Rio Grande do Sul sofre forte influência desses fatores na ocorrência da dengue, não podendo ser desprezados no intuito de erradicar a doença.

As características biológicas do mosquito transmissor ainda explicam outros resultados das análises, como a diferença de incidência da doença, na mesma localidade, de um ano para outro. Algumas especificidades do mosquito, tais como a necessidade de temperaturas acima 20°C e umidade acima de 70% para se reproduzir (Souza, 2011; Corrêa, 2012) faz com que a ocorrência da doença seja influenciada pelas alterações cíclicas climatológicas.

Nas cidades de Santa Rosa e Ijuí pode-se afirmar que se trata de metrópoles regionais, com conhecido processo de migração pendular (quando o trabalhador se desloca da sua cidade para cumprir a jornada de trabalho em outra localidade) e,

particularmente no caso de Ijuí em 2010, uma situação climática excepcional de calor e pluviosidade que propiciou a proliferação desenfreada do vetor. Já as cidades de Ubiretama e Caibaté, com população inferior a 6000 habitantes, têm seus casos explicados majoritariamente pelas condições climáticas favoráveis à reprodução do vetor transmissor e pelas características socioculturais.

Os fatores climatológicos justificam também os *clusters* formados no Rio Grande do Sul. Por ser um estado com inverno rigoroso, quando as temperaturas dificilmente se encontram acima dos 20°C, condição *sine qua non* para a reprodução do vetor transmissor, não há casos autóctones registrados entre os meses de julho e novembro. Além disso, segundo Rossato (2011) as regiões com *clusters* de dengue (Noroeste e Região Metropolitana) estão situadas em zonas climáticas caracteristicamente úmidas (1700 a 1800 mm de chuva por ano, distribuídas por 100-120 dias, na região Noroeste; 1700-1900 mm de chuva por ano, distribuídas por 110-140 dias, na região Metropolitana) e com altas temperaturas no verão (23°C-26°C na primeira; 23°C-29°C na segunda).

Essas características tornam as regiões propícias para a emergência da dengue nos meses de verão nessas regiões. Por sua vez a região sul do estado está situada na zona climática caracteristicamente seca (1200 a 1500 mm anuais de chuva, distribuídos por 80-100 dias) e a região nordeste na zona climática de mais baixas temperaturas no estado (17°C a 23°C no verão). Por essa razão o vetor da dengue não consegue se reproduzir com facilidade nestas regiões e, conseqüentemente, menos frequentes serão os casos autóctones registrados.

## Considerações finais

A proposta deste estudo concentrou-se na identificação de elementos socioeconômicos e demográficos que explicam as taxas de incidência de dengue nos municípios do Rio Grande do Sul para os anos de 2009 a 2015. Reconhecendo que a ocorrência da dengue não se deve exclusivamente a fatores biológicos, mas

também sociais, estabelecemos uma ponte interdisciplinar entre o tema da dengue, tipicamente tratado pelas áreas da saúde e da epidemiologia, em conjunto com os métodos de análise espacial estabelecidos na economia.

Concluimos que as características socioeconômicas e demográficas de uma região possuem efeito explicativo parcial para os padrões de registro de dengue ao longo dos anos. A análise econométrica nos permite afirmar que municípios com maior desigualdade de renda, nível de desenvolvimento econômico e densidade populacional apresentam maiores chances de registro de casos de dengue. Além disso, as características biológicas do mosquito transmissor ainda explicam outros resultados das análises, como a diferença de incidência da doença, na mesma localidade, de um ano para outro.

Podemos afirmar também que as condições que favorecem o aparecimento de casos da doença geram resultados que se propagam do local onde ocorrem para os locais que estão na sua vizinhança. A análise espacial revelou esses padrões de distribuição da dengue no estado do Rio Grande do Sul. Através da análise LISA, verificamos a presença de efeitos de transbordamento de casos de dengue registrados de uma cidade para seus vizinhos. A formação de *clusters* espaciais mostra que alguns municípios sofrem dependência espacial, ou seja, há um processo de “contágio” entre os municípios da região.

## Referências

- ALMEIDA, E. 2012. *Econometria espacial*. Campinas-SP: Alínea.
- ANSELIN, L. 1995. Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, 27(2): 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- ANSELIN, L. 1999. *Spatial econometrics*. Disponível em: <[http://www.csiss.org/learning\\_resource/s/content/papers/baltchap.pdf](http://www.csiss.org/learning_resource/s/content/papers/baltchap.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- BAUMONT, C. 2004. *Spatial effects in housing price models: do housing prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon*. Université de Bourgogne.
- BARCELLOS, C. de C.; SABROZA, P. C.; PEITER, P.; ROJAS, L. I. 2002. Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. *Inf. Epidemiol. Sus* [online], 11(3): 129-138. <https://doi.org/10.5123/S0104-16732002000300003>
- CABRAL, J. de A.; FREITAS, M. V. de. 2015. Distribuição espacial e determinantes socioeconômicos e demográficos da dengue nos municípios brasileiros. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 6(1): 81-95.
- CARNEIRO, L. I. S.; CANDEIAS, A. L. B. 2010. Análise de dados sócio-econômicos e ambientais na Cidade do Recife e a dengue no período: 2000-2006. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3., Recife-PE. *Anais...* Recife-PE.
- CONLEY, T. G. 1999. GMM estimation with cross sectional dependence. *Journal of Econometrics*, 92(1):1-45. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00084-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00084-0)
- CORRÊA, L. M. C. 2012. *As representações sociais dos agentes de controle de zoonoses sobre a dengue em Uberlândia, MG*. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. *Censo Demográfico*. Versão Digital.
- MACHINER, F.; RODRIGUES, D. J.; ANDRADE, E. A. 2009. Distribuição de dengue no norte de Mato Grosso, Brasil, 2001-2005. *Cadernos de Saúde Coletiva*, 17(3):627-640.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2016. Secretaria Executiva. *Datasus*. Taxa de incidência da dengue. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defhtom.exe?idb2012/d0203.def>. Acesso em: jul. 2016.

- RESENDES, A. P. da C.; SILVEIRA, N. A. P. R. da; SABROZA, P. C.; SOUZA-SANTOS, R. 2010. Determinação de áreas prioritárias para ações de controle da dengue. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, 44(2):274-282. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102010000200007>
- RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F.; Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Revista Saúde Pública*, 40(4):671-6, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102006000500017>
- ROSSATO, M. S. 2011. *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS.
- SCANDAR, S. A. S. 2007. *Análise da distribuição dos casos de dengue e a relação com fatores entomológicos, ambientais e socioeconômicos no município de São José do Rio Preto – SP – Brasil*. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- SEN, A. 2000. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- SIMONE, T. S. de; NOGUEIRA, R. M. R.; ARAÚJO, E. S. M. 2004. Dengue virus surveillance: the co-circulation of DENV-1, DENV-2 and DENV-3 in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 98:553-562. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2003.09.003>
- SOUSA, R. R. de. 2011. Os casos de dengue na cidade de Barra do Garças-MT. *Ateliê Geográfico*, [S.l.], 4(4):178-205.
- TEIXEIRA, T. R. de A.; CRUZ, O. G. 2011. Spatial modeling of dengue and socio-environmental indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 27(3):591-602. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2011000300019>
- TUMIOTO, G. L.; GREGIANINI, T. S.; DAMBROS, B. P.; CESTARI, B. C.; NUNES, Z. M. A.; VEIGAL, A. B. G. 2014. Laboratory surveillance of dengue in Rio Grande do Sul, Brazil, from 2007 to 2013. *PLoS One*, 12;9(8).
- VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; AGUIAR, R. 2016. Zika, dengue e chikungunya: desafios e questões. *Epidemiol. Serv. Saude*, Brasília, 25(2):419-422.
- YWATA, A. X. de C.; ALBUQUERQUE, P. H. de M. 2011. Métodos e modelos em econometria espacial. Uma revisão. *Rev. Bras. Biom.*, 29(2):273-306.
- ZARA, A. L. de S. A.; SANTOS, S. M. dos; FERNANDES-OLIVEIRA, E. S.; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. 2016. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiol. Serv. Saude*, Brasília, 25(2):391-404.

Submetido: 14/02/2017

Aceito: 03/08/2017

Os Editores agradecem a Henrique Bidarte Massuquetti pelo apoio editorial.