

# INTERNAÇÕES POR DOENÇAS INFECCIOSAS INTESTINAIS NA PRIMEIRA INFÂNCIA: ANÁLISE ESPACIAL ENTRE AS MICRORREGIÕES DO BRASIL

## **Cristiéle de Almeida Vieira**

PhD student in Applied Economics at the Federal University of Rio Grande do Sul. Master in Economic Theory at the State University of Maringá. CNPq fellow. Email: crissavieira@gmail.com

## **Cássia Kely Favoretto Costa**

Professor of the Graduate Program in Economic Sciences and the Department of Economics at the State University of Maringá. CNPq Research Productivity Scholarship. E-mail: ckfcosta@uem.br

## **Paulo de Andrade Jacinto**

Professor of the Graduate Program in Economic Development and the Department of Economics at the Federal University of Paraná. CNPq Research Productivity Scholarship. E-mail: paulo.jacinto@ufpr.br

## **RESUMO**

O objetivo do trabalho é analisar os fatores espaciais associados as internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões do Brasil em 2015. Para isso, utiliza-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais, os modelos econométricos espaciais e a *Geographically Weighted Regression*. Foram evidenciadas aglomerações do tipo Alto-Alto em microrregiões do Norte e Nordeste do país e o padrão tipo Baixo-Baixo em áreas litorâneas do Sul e Sudeste do país. Os fatores taxa de pobreza monetária, esgotamento inadequado, equipes da Estratégia Saúde da Família e leitos pediátricos apresentaram associação positiva com estas internações. O efeito da vizinhança também foi verificado pela significância da variável internações por doenças infecciosas intestinais defasada espacialmente. Além disso, houve efeito local da taxa de pobreza e dos leitos para crianças. Conclui-se que as internações por doenças infecciosas intestinais em crianças menores de cinco anos podem ser reduzidas ou até eliminadas ao se fornecer um padrão de vida mínimo a este público, com melhorias nos indicadores socioeconômicos e no acesso aos bens e serviços de saúde locais.

**Palavras-chaves:** Enfermidades infectocontagiosas. Economia da Saúde Infantil. Métodos Quantitativos em Saúde. Disparidades regionais

## **ABSTRACT**

The main objective of the work is to analyze the spatial factors associated with hospitalizations for intestinal infectious diseases in early childhood among the micro-regions of Brazil in 2015. For this purpose, Exploratory Spatial Data Analysis, spatial econometric models and the Geographically Weighted Regression are used. High-High agglomerations were found in the North and Northeast regions of the country and the Low-Low pattern in coastal areas of the South and Southeast of the country. The factors of monetary poverty rate, inadequate sanitation, Family Health Strategy and pediatric beds showed a positive association with these hospitalizations. The neighborhood effect was also verified by the significance of the variable hospitalizations due to spatially outdated intestinal infectious diseases. In addition, there was a local effect of the poverty rate and children's beds. It is concluded that hospitalizations for intestinal infectious diseases in children under five years old can be reduced or even eliminated by providing a minimum standard of living for this public, with improvements in socioeconomic indicators and access to local health goods and services.

**Keywords:** Infectious diseases. Child Health Economics. Quantitative Health Methods. Regional disparities.

Classificação JEL: **I1, I12, C21, R10**

# 1 INTRODUÇÃO

Saúde na primeira infância é definida pela *World Health Organization* como um completo estado de bem-estar físico, social e emocional que deve proporcionar as crianças oportunidades sociais e econômicas adequadas para o seu desenvolvimento (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015). Qualquer dificuldade que o público infantil venha enfrentar nesta fase pode resultar em sequelas no longo prazo, afetando o desempenho cognitivo e a propensão a contrair doenças na fase adulta. No mercado de trabalho, os efeitos podem ser materializados em uma menor produtividade e em menores rendimentos<sup>1</sup> (DEATON, 2017).

Em países em desenvolvimento, o estado de saúde das crianças menores de cinco anos tem sido afetado por doenças infecciosas intestinais (entre elas, cólera, febre tifoide e paratifoide, diarreia, infecções virais, protozoários, amebíase, entre outras), transmitidas a partir da ingestão de líquidos ou alimentos contaminados por bactérias, toxinas, vírus, parasitas ou mesmo por meio do contato direto das pessoas (PEDRAZA; QUEIROZ; SALES, 2014; BRASIL, 2018). Estas enfermidades são classificadas como um grave problema de saúde pública e representam expressivo impacto social, que está diretamente associado as condições de pobreza, qualidade de vida, bem como abrange patologias relacionadas as condições de habitação, alimentação e higienização precária (CHECKLEY et al., 2004; RASELLA, 2013). Esses agravos são passíveis de prevenção, controle e podem ser facilmente evitados em qualquer região como mostra estudos de Paz, Almeida e Gunther (2012) e Camargo-Cruz (2017).

No âmbito hospitalar do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil, em 2017, o grupo das doenças infecciosas intestinais, com base no Código das Doenças Internacionais - CID-10, representou 8% do total de internações de crianças menores de cinco anos (1.094.675). Nesse mesmo ano, segundo Brasil (2018), a taxa de internações por essa enfermidade foi de 551,61 por 100 mil crianças nesta faixa etária. Em termos regionais, a maior taxa devido a este agravo ocorreu no Norte (1.074,93/100 mil crianças) e Nordeste (942,18/100 mil crianças) sendo seguidos pelo Sul (419,47/100 mil crianças), Centro-Oeste (318,35/100 mil crianças) e Sudeste (233,01/100 mil crianças), evidenciando a existência de uma significativa diferença de hospitalizações entre as regiões brasileiras. Assim, o contexto geográfico destas crianças, bem como o meio econômico que estão inseridas e suas vulnerabilidades sociais são aspectos que merecem ser levados em consideração nos estudos que venham a tratar da saúde na primeira infância.

A saúde infantil e a taxa de mortalidade foram objetos dos estudos realizados por Paes e Silva (1999), Heller, Colosimo e Antunes (2003), Paz, Almeida e Günther (2012) e Rasella (2013), contudo não foi dada atenção para a sua distribuição espacial. Os estudos de Torres et al (2013) e Camargo-Cruz (2017) abordaram as internações por doenças intestinais infecciosas incorporando nas análises a dimensão espacial, porém a abrangência desses estudos se restringiu apenas a cidade de Itaboraí no estado do Rio de Janeiro e ao estado de São Paulo. Ambos os estados estão localizados na região sudeste do Brasil que possui melhores indicadores socioeconômicos e de infraestrutura básica quando comparados com as demais regiões do país. Por exemplo, segundo dados de 2018 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), na região Norte do país, apenas 10,49% da população tem acesso aos esgotos, enquanto nas regiões Nordeste e Sudeste esse percentual é de 28,01% e 79,21% respectivamente. Ou seja, constata-se uma disparidade significativa de um dos fatores que compõe o saneamento básico e cuja associação a saúde da criança tem sido evidenciada em inúmeros estudos entre os quais Checkley et al. (2004), Perez-Heydrich et al. (2013) e Berendes et al. (2017).

A partir dessas considerações, o objetivo desse estudo é analisar os fatores espaciais associados as internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões do Brasil, no ano de 2015. Para isso é utilizada como base teórica uma função de produção proposta por Grossman (1972, 2000), em que o estado de saúde nesta fase é mensurado por este tipo de internação e depende dos fatores (ou insumos) socioeconômicos e demográficos (taxa de pobreza monetária, esgoto inadequado e densidade demográfica) e de gestão em saúde (leitos pediátricos e equipes da Estratégia Saúde da Família (ESF)–proxies para a oferta de serviços da Atenção Terciária e Primária do Sistema Único de Saúde-SUS, respectivamente).

---

<sup>1</sup> Há uma literatura extensa a respeito da associação do *status* de saúde e rendimentos do trabalho em que evidencia menores rendimentos para os indivíduos portadores de doenças crônicas, por exemplo, obesidade, entre outras doenças.

Avaliar a saúde infantil é uma das formas mais eficientes para se medir o desenvolvimento de um país, principalmente quando se considera que a criança é mais sensível a fatores exógenos e o seu organismo ainda está em formação, possuindo uma capacidade reduzida de defesa de agressões externas do meio ambiente e da sociedade. A criança pode viver menos ou mais, ou simplesmente sobreviver, dependendo da região que reside e das vulnerabilidades socioeconômicas de cada área. Nesta linha, o presente estudo utiliza como método a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) complementando com especificações dos modelos econométricos espaciais e de uma *Geographically Weighted Regression (GWR)*. O uso dessas técnicas permite a identificação regional e local dos ambientes em que os casos dessas enfermidades estão mais acentuados. Também proporciona o reconhecimento de áreas de alto risco, a partir da consideração das características do espaço e da população residente com a incorporação de uma gama de condicionantes econômicos, sociais, demográficos e de gestão em saúde.

Os resultados evidenciados na pesquisa mostraram existência de autocorrelação espacial das internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões do país, com *clusters* Alto-Alto identificadas nas regiões Norte e Nordeste e Baixo-Baixo, na parte litorânea do Sul e Sudeste brasileiro. Nos modelos econométricos globais observou-se que os fatores taxa de pobreza monetária, esgotamento inadequado, leito pediátricos (atenção terciária) e equipes da Estratégia Saúde da Família (atenção primária) afetam positivamente os internamentos por essas enfermidades, enquanto a densidade demográfica exerceu efeito negativo. Os modelos GWR mostraram a existência de uma forte associação local da taxa de pobreza nas microrregiões do Nordeste, do leito pediátrico no Sudeste e da internação defasada no Norte do país. Esses resultados confirmam a disparidades existentes das internações hospitalares entre as microrregiões no Brasil. Caso não sejam levadas em conta nas especificações dos modelos podem gerar resultados viesados e levar a desenhos de política públicas menos eficientes.

A relevância destes resultados para vigilância e prevenção das doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões brasileiras acontece sob dois enfoques: primeiro, a partir da inovação metodológica usada foi possível captar o efeito regionalizado do sistema de saúde brasileiro no contexto das enfermidades infecciosas. Além disso, identificou-se importantes indicadores de condições de vida que afetam localmente a saúde das crianças menores de cinco anos, acarretam em maior morbidade infantil e podem desencadear efeitos de longo prazo na fase adulta destes indivíduos. Em geral, nos países em desenvolvimento econômico como é o caso do Brasil, as vulnerabilidades socioeconômicas negativas na infância desfavorecem e prejudicam as habilidades cognitivas ao longo da vida e, conseqüentemente, a acumulação de capital humano. Segundo, políticas no âmbito do SUS podem ser mais bem direcionada a cada área geográfica por meio da distribuição adequada de recursos relacionados a gestão (principalmente, leitos e equipes de saúde) e a realização de ações mais efetivas para evitar essas doenças, bem como de diagnóstico precoce e promoção da saúde desse público. É importante ressaltar que esses agravos geram grande ônus socioeconômico para a população em geral e o governo, existindo ainda lacunas para melhor entendimento deste problema de saúde pública.

Além dessa breve introdução, este estudo está estruturado em três seções. A seção 2, descreve a fonte e descrição dos dados e os métodos empíricos espaciais aplicados na pesquisa. Na seção 3, são apresentadas uma análise e discussão dos resultados. Por fim, tem-se as considerações finais.

## **2 FONTE DOS DADOS E ANÁLISE DESCRITIVA DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS VARIÁVEIS**

A base de dados utilizada neste estudo é resultado da combinação das informações disponíveis no Sistema de Informações do SUS (DATASUS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do site MI-VETOR da Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação do Ministério da Cidadania. Em sua montagem dois aspectos foram determinantes. O primeiro, relacionado a área de abrangência, é o resultado da coleta de dados para as microrregiões do Brasil. O segundo, está associado a escolha do ano de 2015, que se deve a disponibilidade de informações para a variável socioeconômica esgoto que tem sido evidenciada como um importante fator para doenças infecciosas intestinais. Com isso, a análise do estado de saúde de crianças menores de cinco anos (primeira infância) é feita para a variável de internações

hospitalares do SUS por doenças infecciosas intestinais para as 558 microrregiões do Brasil no ano destacado.

A variável internações hospitalares por doenças infecciosas intestinais foi mensurada utilizando as informações das Autorizações de Internações Hospitalares (AIHs) do DATASUS. A coleta foi realizada abrangendo os seguintes critérios: *a*) grupo de doenças infecciosas intestinais, representadas pelos códigos A00 à A09<sup>2</sup> do Capítulo 1 do Código Internacional das Doenças - CID 10; *b*) faixa etária (menores de cinco anos); *c*) ano (2015) e *d*) local de residência nas microrregiões brasileiras. A variável foi intensificada mediante sua divisão pela população de crianças menores de 5 anos para cada microrregião (por 100 mil). Essa fonte de dados também foi utilizada para mensurar as variáveis de leitos pediátricos, de Equipes da Estratégia Saúde da família (ESF)<sup>3</sup> e de esgoto inadequado.

Para mensurar a taxa de pobreza monetária foi utilizada renda das pessoas registradas no Cadastro Único, disponíveis no site MI-VETOR da Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação do Ministério da Cidadania.<sup>4</sup> Para obter essa taxa de pobreza, foi necessário calcular o número de pessoas abaixo da linha de pobreza (renda *per capita* menor ou igual a 154 reais) por município, agregar a nível de microrregião e fazer a razão entre o número de pobres na microrregião pela sua respectiva população residente, disponível no site do DATASUS. Por fim, as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram utilizadas para calcular a densidade demográfica. Essa variável é o resultado da razão entre a população residente das microrregiões pela sua área em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>).

A Tabela 1 faz uma síntese dos fatores utilizados na análise empírica e suas respectivas fontes. As variáveis taxa de pobreza, esgoto inadequado e densidade demográfica total correspondem ao grupo de aspectos socioeconômicos e demográfico. As variáveis leitos pediátricos e equipes da Estratégia Saúde da Família (ESF) compreendem aos condicionantes que representam a gestão da saúde ou *proxy* para a oferta de serviços na Atenção Terciária e Primária do SUS, respectivamente.

**Tabela 1-** Variáveis explicativas usadas na pesquisa, Microrregiões do Brasil, 2015<sup>5</sup>

Fatores	Descrição	Fonte
<b>Socioeconômicos e Demográfico</b>		
Taxa de Pobreza Monetária	Razão entre número de pessoas com renda <i>per capita</i> inferior ou igual a R\$ 154,00 pela população residente de cada microrregião (por 100 mil habitantes)	CADASTRO ÚNICO-MI-VETOR (VIS-DATA)
Esgoto inadequado	Razão entre de número de domicílios de acordo com o destino dado às fezes e urina do domicílio - céu aberto (no quintal, na rua, em um riacho, entre outros) por total de famílias de cada microrregião (por 100 mil famílias)	DATASUS
Densidade demográfica	Razão entre a população residente por área da microrregião em km <sup>2</sup>	DATASUS e IBGE
<b>Gestão em Saúde</b>		
Leitos pediátricos	Razão entre o número de leitos pediátricos clínico e cirúrgico do SUS pela população residente de cada microrregião (por 100 mil habitantes)	DATASUS

<sup>2</sup> As doenças infecciosas intestinais que o compõem o capítulo 1 do CID-10 são as seguintes: A00 Cólera, A01 - Febres tifoide e paratifoide; A02 - Outras infecções por Salmonella; A03- Shigelose; A04- Outras infecções intestinais bacterianas; A05- Outras intoxicações alimentares bacterianas, não classificadas em outra parte; A06- Amebíase; A07- Outras doenças intestinais por protozoários; A08- Infecções intestinais virais, outras e as não especificadas; A09- Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível (BRASIL, 2018).

<sup>3</sup> As equipes da ESF (por 100 mil habitantes) são compostas por pelo menos um médico, um enfermeiro, um auxiliar de enfermagem e seis agentes comunitários de saúde. Elas objetivam a melhoria do atendimento na atenção primária a partir de três pilares: i) nas unidades básicas de saúde; ii) visitas pelos agentes às residências e iii) pela mobilização das comunidades (MACINKO; GUANAIS; SOUZA, 2006; SANTOS; JACINTO, 2017).

<sup>4</sup> Salienta-se que no ano de 2019 houve uma alteração no site e atualmente é denominado VIS-DATA- Visualizador de dados Sociais (<https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/home.php>).

<sup>5</sup> Nas análises econométricas emprega-se o logaritmo natural (ln) em todas as variáveis (dependente e explicativas), a fim de linearizar os modelos e minimizar o efeito de viés causados por picos de distribuição e *outliers* dos dados, devido à grande variância que informações do setor saúde podem apresentar (PENNA, 2009).

Fonte: Elaboração própria (2020).

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis usadas neste estudo. Como pode ser observado, a média das internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões do Brasil foi de 795,66 por 100 mil crianças menores de cinco anos. Em termos médios, a taxa de pobreza monetária nas microrregiões brasileiras mostrou que aproximadamente 34.537 indivíduos possuíam renda *per capita* inferior ou igual a 154 reais a cada 100 mil habitantes em 2015. Além disso, o número de domicílios com esgoto inadequado apresentou uma média de 10.646,79/100 mil famílias. Já a densidade demográfica (média) foi de 94,10 habitantes por km<sup>2</sup> e a média de leitos pediátricos correspondeu a 26,56 por 100 mil habitantes. A quantidade (média) das equipes da Estratégia Saúde da Família foi de 7,49 por 100 mil habitantes. Os coeficientes de variação das variáveis (dependente e explicativas) apresentaram alta dispersão relativa dos dados, sugerindo a existência de diferenças no comportamento da taxa de internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância e dos fatores socioeconômicos, demográfico e de gestão nas áreas analisadas no estudo.

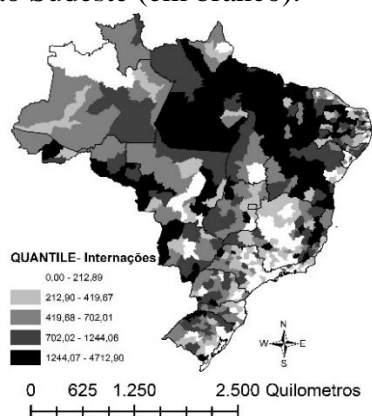
**Tabela 2** – Estatísticas descritiva das variáveis, Microrregiões do Brasil, 2015

Variável*	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo	Máximo
Internações Hospitalares	795,66	758,25	95,30	0	4.712,89
Taxa de pobreza monetária	34.537,63	19.450,14	56,32	2424,86	75.964,95
Esgoto inadequado	10.646,79	11.881,51	111,59	0	79.398,7
Densidade demográfica	94,10	358,41	380,88	0,04	6.250,46
Leitos Pediátricos	26,56	14,00	52,71	0	85,24
Equipes da Estratégia Saúde da Família	7,49	4,65	62,08	0	21,32

Fonte: Resultados da Pesquisa (2020). Elaboração própria.

Nota: Variável internação a cada 100 mil crianças menores de 5 anos, esgoto inadequado a cada 100 mil famílias, taxa de pobreza, leitos e equipes da ESF a cada 100 mil habitantes e densidade a cada habitante/Km<sup>2</sup>.

A distribuição geográfica (por quantil) das internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões pode ser observada na Figura 1. É verificado um padrão espacial sistemático que denota certa homogeneidade na distribuição da variável em análise. Existe um grande número destas internações nas microrregiões pertencentes a região Norte e Nordeste (cor preta no mapa), e um baixo registro em especial na região Sudeste (em branco).

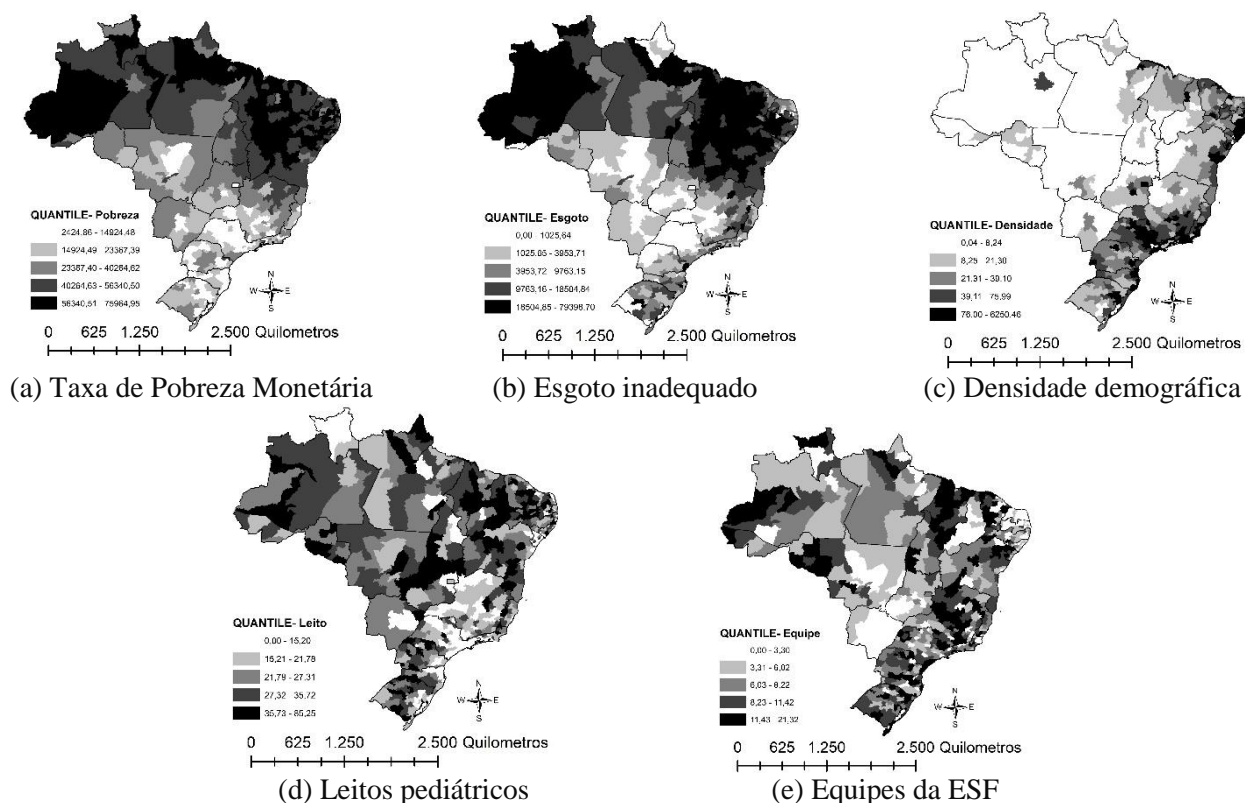


**Figura 1** – Distribuição espacial das internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância, Microrregiões do Brasil, 2015

Fonte: Resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Nota: Variável internação a cada 100 mil crianças menores de 5 anos

A análise da distribuição geográfica dos fatores socioeconômicos, demográfico e de gestão em saúde usados no estudo estão apresentados na Figura 2. Para a taxa de pobreza monetária, se observa uma não aleatoriedade com menos indivíduos pobres em microrregiões brasileiras do Sul, Sudeste e Centro-Oeste (em branco), e maiores quantidades no Norte e Nordeste (em preto). Este mesmo comportamento foi descrito para a variável esgoto inadequado de forma que a regiões mais precária corresponderam ao Nordeste e Norte (em preto), com exceção das microrregiões pertencentes ao estado do Amapá, e melhor situação no Sudeste, Sul e Centro-Oeste do país (em branco).



**Figura 2** – Distribuição espacial dos fatores socioeconômicos, demográfico e de gestão em saúde, Microrregiões do Brasil, 2015

Fonte: Resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Nota: Variáveis taxa de pobreza, leitos e equipes da ESF a cada 100 mil habitantes, densidade a cada habitante/Km<sup>2</sup> e esgoto inadequado a cada 100 mil famílias.

A Figura 2c mostra a distribuição espacial para a densidade demográfica. Há uma concentração de habitantes por km<sup>2</sup> nas áreas litorâneas e capitais brasileiras com destaque para o estado de São Paulo que apresentou alta densidade em quase todo seu território (em preto). A menor densidade demográfica é observada na região Norte e Centro-Oeste do país.

A distribuição geográfica dos leitos pediátricos mostra que as microrregiões do Norte, Nordeste e Sul do Brasil tiveram os maiores valores (em preto), enquanto o Sudeste e Centro-Oeste apresentaram o menor número. A maior quantidade de equipes da ESF estão situadas na região Sul, Sudeste, Norte e em alguns estados do Nordeste (em preto), ao passo que o menor número de ESF estão registrados no Centro-Oeste e grande parte do Nordeste.

A partir da descrição da distribuição geográfica visualizadas nas Figuras 1 e 2, é possível inferir algumas relações entre as variáveis analisadas nesta pesquisa. O maior número de internações hospitalares por doenças infecciosas está situado nas microrregiões da região Norte e Nordeste do Brasil. Nestas mesmas áreas, também estão localizada a mais alta concentração de pobreza monetária, de esgoto inadequado e de leitos pediátricos. Ou seja, as condições de pobreza, de baixa qualidade de vida, de condições e habitação, de alimentação e higienização precárias presentes nas microrregiões do Norte e Nordeste tem contribuído para doenças infecciosas e um elevado número de internações hospitalares, sugerindo a existência de uma

concentração que pode ser melhor explorada com o uso dos modelos econométricos espaciais. Com os resultados gerados por esses modelos será possível analisar se os padrões espaciais observados entre as microrregiões são autocorrelacionados no espaço, gerando um efeito transbordamento entre as áreas seja de forma global ou mesmo local.

### 3 AEDE E MODELOS ECONOMETRICOS ESPACIAIS

Para verificar a existência de um padrão no espaço para as doenças infecciosas intestinais na primeira infância é adotado a Análise Exploratória de Dados Espaciais - global e local- I de Moran e LISA (*Local Indicator of Spatial Analysis*)<sup>6</sup>. A partir dessa análise inicial são estimados modelos econométricos com componentes espaciais para verificar se a ocorrência de um fenômeno em uma microrregião está associada a ocorrência deste mesmo fenômeno em microrregiões vizinhas. O processo de transbordamento que ocorre de uma microrregião para outra pode ter um alcance global e/ou local. O alcance global é refletido na matriz de variância e covariância plena e ocorre por intermédio de um multiplicador espacial que transfere o efeito ocorrido em uma região para o restante das áreas analisadas. Caso o alcance for local, o transbordamento ocorre na vizinhança mais próxima, sobretudo nos vizinhos diretos e indiretos de segunda ordem (isto é, no vizinho dos vizinhos).

A escolha do modelo mais adequado inicia com a estimação de uma regressão linear clássica por Mínimos Quadrados Ordinários, como o da Equação (1)<sup>7</sup>. A partir dos testes na estrutura dos resíduos vai sendo delineado a escolha do modelo mais adequado a ser estimado. A vizinhança global pode ser capturada por variáveis defasadas espacialmente na variável dependente (*Spatial Autoregressive Model - SAR*) ou no termo do erro (*Spatial Error Model - SEM*).

A especificação econométrica inicial para a variável internações hospitalares por doenças intestinais incluindo os sinais esperados é descrita pela Equação (1):

$$IH_i = \beta_1 + \beta_2 PM_i + \beta_3 EI_i +/\- \beta_4 DD_i - \beta_5 LP_i +/\- \beta_6 ESF_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que  $IH_i$  é o logaritmo das internações hospitalares,  $PM_i$  é o logaritmo da pobreza monetária,  $EI_i$  é o logaritmo do esgoto inadequado,  $DD_i$  é logaritmo da densidade demográfica,  $LP_i$  é leitos pediátricos,  $ESF_i$  é logaritmo da equipe de saúde da família e  $\varepsilon_i$  é o termo de erro. Os  $\beta_1, \beta_2 > 0, \beta_3 > 0, 0 < \beta_4 < 0, \beta_5 < 0$  e  $0 < \beta_6 < 0$  correspondem aos parâmetros a serem estimados. O termo espacial é adicionado na Equação (2) a partir de uma matriz espacial ( $W$ ) que se manifesta na variável dependente do modelo *Spatial Autoregressive Model (SAR)* – Equação (2). O modelo passa a considerar que as microrregiões vizinhas  $i$  e  $j$  apresentam um processo de difusão, cujos eventos em  $i$  aumentam a probabilidade de ocorrência deste mesmo evento em  $j$ .

$$IH_i = \rho W_{IH} + X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

A Equação (2) representa o modelo SAR, em que  $X$  é um vetor ( $N \times k$ ) que contém as variáveis explicativas da equação (1);  $W_y$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de defasagens espaciais para a variável dependente e  $\rho$  é o coeficiente autorregressivo espacial com restrição ( $|\rho| < 1$ ). Se este parâmetro for positivo indica a existência de autocorrelação espacial positiva e sugere que um alto (baixo) valor de  $IH$  nas microrregiões vizinhas aumenta (diminui) o valor de  $IH$  na microrregião  $i$ . Se o  $\rho$  for negativo indica a presença de uma autocorrelação negativa. Neste caso, um elevado (reduzido) valor de  $IH$  nas microrregiões vizinhas diminui (aumenta) o valor de  $IH$  na microrregião  $i$ .

Para verificar se o modelo SAR é o mais adequado para análise no presente estudo, é realizada uma comparação com os resultados gerados pelos modelos espaciais com alcance local *Spatial Lag of X (SLX)*

<sup>6</sup> Os modelos econométricos espaciais descritos nessa seção tomam como base os modelos apresentados nos estudos de Anselin (2005), Anselin e Rey (2010), Anselin (2013) e Almeida (2012) com algumas adaptações para as internações hospitalares por doenças infecciosas intestinais para a primeira infância entre as microrregiões do Brasil.

<sup>7</sup> Para realizar as estimações foram utilizados os *softwares* estatísticos *Geoda 1.14, GeodaSpace 1.2, ArcMap 10.5 e GWR 4.0*.

e o de alcance local e global – *Spatial Durbin Model* (SDM). Em termos formais, as Equações (3) e (4) representam as especificações para esses dois modelos:

$$IH_i = \pi_1 W_{IH} + X\pi_2 + WX\pi_3 + \varepsilon \quad (3)$$

$$IH_i = X\beta + WX\tau + \varepsilon \quad (4)$$

A equação (3) se diferencia em relação a (4) ao conter uma restrição não linear dada pela hipótese do fator comum que garante que  $\pi_1\pi_2 = -\pi_3$  e pelo efeito espacial que se manifesta individualmente para cada coeficiente e implica em uma considerável autocorrelação espacial. A equação 4 descreve o modelo SLX, em que assume a ocorrência de externalidades espaciais em todas as variáveis contidas na matriz  $X$ , isto é, as variáveis explicativas de uma região influenciam a variável dependente da região.

A estimação dos modelos SAR, SEM, SDM e SDEM é feita por meio do estimador de máxima verossimilhança enquanto o modelo SLX é estimado por mínimos quadrados ordinários, assumindo que em ambos os casos, os erros apresentam distribuição normal. Caso a hipótese de normalidade dos erros não seja verificada, é recomendado estimar os modelos SAR e SDM por Quase Máxima Verossimilhança (QMV) e o modelo SLX por mínimos quadrados dois estágios (MQO2E).

É possível que ocorram disparidades entre as microrregiões nas internações hospitalares por doenças intestinais na primeira infância. Se esse for o caso, os efeitos médios estimados são diferentes e os resultados gerados pelos modelos espaciais globais descritos anteriormente podem não ser convenientes e serem viesados. Uma forma de contornar esse problema, é por meio de uma análise econométrica local que complementa a análise global ao estimar os efeitos para cada microrregião individual. O modelo que fornece respostas específicas para cada microrregião individualmente é o *Geographically Weighted Regression* (GWR). A figura 1a (Apêndice) traz uma síntese da especificação deste modelo.

A especificação do modelo GWR é dada na equação (5):

$$IH_i = \beta_{i0} + \sum_{k=1}^m \beta_{ik} x_{ik} + \varepsilon_i \quad (5)$$

em que o subscrito  $i$  indica as microrregiões,  $IH_i$  é a variável dependente,  $x_{ik}$  são as  $k$  variáveis independentes e  $\varepsilon_i$  é um termo de erro aleatório com distribuição normal com média zero e variância constante ( $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon)$ ). O parâmetro  $\beta_{i0}$  é o intercepto associado a cada microrregião  $i$  e o  $\beta_{ik}$  é o coeficiente da regressão para as  $k$  variáveis associado a cada microrregião  $i$  individualmente. Ao incluir a microrregião  $i$  nos parâmetros da regressão espacial, o processo gerador das variáveis respostas fornecidos por GWR estima uma sequência de regressões lineares, ponderadas pela distância. Esta ponderação, denominada ponto de calibragem, deve ser incorporada ao modelo a partir de uma “janela móvel” para indicar que a influência das microrregiões mais longínquas espacialmente é decrescente. Reescrevendo a equação (5) tem-se:

$$IH_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (6)$$

Na equação (6), os parâmetros representados pela função  $\beta_k(u_i, v_i)$  variam de acordo com os valores de  $u_i$  e  $v_i$ , que representam as coordenadas geográficas de latitude e longitude da microrregião  $i$ . A partir das coordenadas é possível determinar a distância que cada microrregião está das demais e inferir que quanto maior a sua proximidade, mais intenso é o processo de transbordamento entre as microrregiões. A ponderação é realizada por uma função Kernel gaussiana espacial considerando a distância entre as duas microrregiões e um parâmetro  $b$  (*bandwidth*) para escolher o peso a ser considerado entre essas microrregiões.<sup>8</sup> A estimação do modelo é realizada por meio de Máxima Verossimilhança ou Estimador de Mínimos Quadrados Ordinários com os pesos modificando-se a cada ponto de regressão.

Após rodar os modelos espaciais global (SAR) e o local (GWR), utiliza-se o critério de informação AIC para escolha do melhor modelo. Como uma regra geral, é selecionado o modelo que apresentar o

<sup>8</sup> A escolha do parâmetro  $b$  (*bandwidth*) a ser utilizado pode ser fixo ou variável. Segundo Charlton, Fotheringham e Brunson (2009), se a amostra não apresentar pontos muito espaçados, o Kernel com largura de banda fixa é adequado. Caso contrário, é desejável uma banda adaptativa que acomode essas irregularidades, como é o caso deste trabalho.

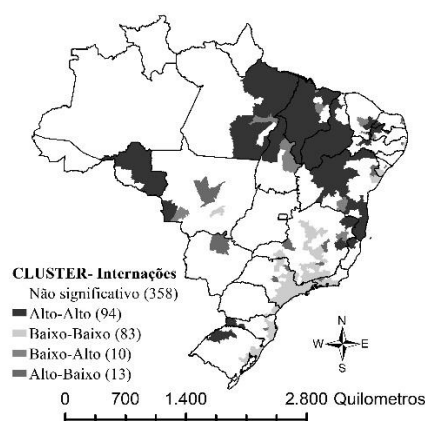


menor critério de informação. Além disso, um teste para a variabilidade dos coeficientes é utilizado para verificar a variabilidade geográfica das variáveis. O critério de decisão emprega um teste de diferença dos critérios de informação cuja regra de decisão é ser negativo e maior do que dois em módulo para que a análise seja realizada localmente.

#### 4 ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO (GLOBAL E LOCAL) E DOS MODELOS ECONÔMICOS ESPACIAIS

Antes de apresentar os resultados para os modelos econométricos espaciais, é necessário fazer a análise da dependência espacial das interações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões brasileiras. Para a estatística *I* de Moran estimada com os pesos espaciais *k*-vizinhos, *k*5, *k*7 e *k*9, foram obtidos valores de 0,445, 0,410 e 0,411 que são estatisticamente significativos a 1%, sugerindo uma autocorrelação espacial positiva. A matriz com 5 vizinhos apresenta o maior valor do *I* de Moran e por isso os resultados gerados nessa seção levam em consideração o *I* de Moran de 0,445.

O mapa de *cluster* LISA das interações (em logaritmo natural – LN) entre as microrregiões brasileiras pode ser visto na Figura 3. Como pode ser observado, a maior parte dos *clusters* se encontraram no agrupamento Alto-Alto, cor preta no mapa, indicando que as microrregiões com alto número de interações estavam circundadas por microrregiões que também possuíam elevada quantidade de interações. Também pode ser observado várias aglomerações do tipo Baixo-Baixo, cor cinza, indicando que as microrregiões que tinham um número baixo de interações, estavam rodeadas por áreas que também apresentavam pequenos número de interações.



**Figura 3** –Mapa de *Cluster* LISA das interações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância, em logaritmo natural – LN, Microrregiões do Brasil, 2015

Fonte: Resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Existem também algumas aglomerações do tipo Alto-Baixo em todas as regiões do Brasil, com exceção do norte do país. Isso ilustra que as áreas com altos valores de interações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância estavam circundadas por microrregiões com baixa quantidade destas doenças. Já os *clusters* do tipo Baixo-Alto encontram-se localizados na região Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, indicando que nessas regiões há uma baixa quantidade de interações circundadas por microrregiões com elevada morbidade hospitalar.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos modelos econométricos espaciais. Os erros gerados na estimação por MQO apresentaram uma distribuição não normal e são heterocedásticos. Os testes para autocorrelação espacial mostram um *I* de Moran Global dos resíduos significativo estatisticamente e sugerem a existência de heterogeneidade espacial no modelo. A significância estatística nos testes focais MLp (defasagem espacial na variável interações) e MLλ (defasagem espacial nos erros) complementam esse resultado e indica que o estimador de MQO padrão não é o mais adequado, mostrando a necessidade de incluir os efeitos espaciais na análise. O modelo a ser utilizado na análise deve incluir a defasagem espacial da variável dependente para mensurar a relação entre as interações por doenças infecciosas

intestinais na primeira infância e seus fatores associados. A escolha toma como base o resultado para o teste focal e robusto do modelo de defasagem na variável dependente ( $ML\rho$  e  $ML\rho^*$ , nesta ordem) que apresentou uma estatística maior ao ser comparado ao teste dos erros ( $ML\lambda$  e  $ML\lambda^*$ , respectivamente). Embora os modelos SEM e SDEM (cuja defasagem ocorre no erro de forma global e global/local- nesta ordem) não sejam discutidos no presente estudo, os seus resultados podem ser verificados na tabela 3, juntamente com os modelos SAR, SDM e SLX.

**Tabela 3** – Resultados dos modelos econométricos espaciais, em logaritmo natural – LN, Microrregiões do Brasil, 2015

Variáveis	MQO	SAR	SEM	SDM	SDEM	SLX
Constante	-1,30**	-1,60*	-1,70**	-0,44	-2,24***	-1,52***
Taxa de pobreza	0,46*	0,32*	0,56*	0,62*	0,63*	0,68*
Esgoto inadequado	0,03**	0,02***	0,02	-0,00*	0,02	0,01
Densidade demográfica	-0,05**	-0,04**	-0,04	-0,02	-0,03	-0,01
Leito Pediátrico	0,78*	0,63*	0,64*	0,53	0,64*	0,65*
Equipes da Estratégia Saúde da Família	0,07***	0,08**	0,05	0,04	0,05	0,04
W_Taxa de Pobreza	-	-	-	-0,68*	-0,20	-0,32**
W_Esgoto inadequado	-	-	-	0,02	0,08**	0,04
W_Densidade demográfica	-	-	-	0,03	-0,05	-0,06***
W_Leito Pediátrico	-	-	-	-0,80*	0,32**	0,44*
W_Equipes da Estratégia Saúde da Família	-	-	-	-0,03	0,05	0,09
W_Internações	-	-	-	1,26*	-	-
$\rho$ (defasagem)	-	0,36*	-	-	-	-
$\lambda$ (erro)	-	-	0,52*	-	0,48*	-
<b>Diagnóstico da Regressão</b>						
R-Quadrado	0,38	-	-	-	-	-
AIC	1374,73	-	-	-	-	-
Multicolinearidade	58,11	-	-	-	-	-
Jarque-Bera	672,63*	-	-	-	-	-
Breush-Pagan	73,86*	-	-	-	-	-
Koenker-Bassett	21,33*	-	-	-	-	-
<b>Diagnóstico para autocorrelação espacial</b>						
I de Moran (erro)	10,9*	-	-	-	-	-
$ML\rho$ (defasagem)	112,56*	-	-	-	-	-
$ML^*\rho$ (defasagem)	11,66*	-	-	-	-	-
$ML\lambda$ (erro)	110,43*	-	-	-	-	-
$ML^*\lambda$ (erro)	9,42*	-	-	-	-	-
Anselin-Kelejian	-	1,215	-	62,00*	-	-
AIC	-	1.257,29	-	1.238,44	-	1.355,16

Fonte: Resultados da Pesquisa (2020). Elaboração própria.

Nota: \*Significativo a 1%. \*\*Significativo a 5%. \*\*\* Significativo a 10%.

Na Tabela 3, o coeficiente para defasagem espacial ( $\rho$ ) indica uma relação positiva e significativa entre as internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância e sua defasagem espacial. Logo, as microrregiões que apresentam alto (baixo) nível de internações por essas enfermidades tendem a ser rodeadas por microrregiões com elevado (reduzida) número de internamentos. A correção da heterogeneidade espacial é feita ao verificar que o teste Anselin-Kelejian não rejeita a hipótese nula de não autocorrelação dos resíduos, reforçando que o modelo SAR é apropriado para a análise. Os coeficientes estimados para esse modelo mostram que a taxa de pobreza, o esgoto inadequado, o leito pediátrico e as equipes da Estratégia Saúde da Família (ESF) apresentam uma relação espacial global positiva com a variável dependente.

Uma checagem adicional do modelo espacial pode ser feita ao considerar que as regiões vizinhas podem ser afetadas não somente de forma global como também localmente. O modelo de alcance local e global *Spatial Durbin Model* (SDM), denotou pelo teste Anselin-Kelejian que há resquícios de autocorrelação espacial nos erros ao rejeitar a hipótese nula de não autocorrelação dos erros. Ainda é possível observar no modelo SDM uma autocorreção global e local positiva e significativa da variável dependente defasada (W\_Internações). Os coeficientes defasados estimados para a taxa de pobreza monetária (W\_Taxa de Pobreza) e do leito pediátrico (W\_Leito Pediátrico) na vizinhança afetaram negativamente a variável dependente na região de interesse. Os resultados da estimação do modelo SLX, mostram que há um efeito negativo das variáveis defasadas da taxa de pobreza (W\_Taxa de Pobreza) e da densidade demográfica (W\_Densidade demográfica) sobre o número de internações. É evidenciado também uma relação global e local de caráter positiva entre o fator leito pediátrico defasado (W\_Leito Pediátrico) e as hospitalizações por esses agravos.

Por fim, ao comparar os critérios de informação AIC entre os modelos SAR, SDM e SLX, observou-se que o melhor ajuste foi apresentado pelo SDM - modelo de alcance local e global – que incorpora as defasagens da variável dependente e das variáveis explicativas, sugerindo que se trata do modelo mais adequado para representar os fatores associados as internações.

## 5 RESULTADOS DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL LOCAL (MODELO GWR)

A Tabela 4 apresenta os resultados das regressões globais e locais dos modelos GWR sem defasagem espacial, SAR, SDM e SLX. Os modelos com aspecto local viabiliza uma resposta exclusiva para cada microrregião analisada, enquanto que o modelo global apresenta uma resposta média para todas as microrregiões conjuntamente. Pelo critério de informação AIC e  $R^2$  das regressões locais verifica-se que a estimação de um modelo GWR é a mais apropriada em relação aos demais modelos. Esse resultado é reforçado pela estatística F ao nível de 1% de significância. Dentro dessa categoria de modelos e utilizando o critério de informação, verifica-se que o modelo mais adequado é o SAR (AIC=1181,66) que capta a defasagem na variável dependente.

**Tabela 4** – Resultados do modelo GWR, em logaritmo natural – LN, Microrregiões do Brasil, 2015

Modelo	Regressão	AIC	Teste F	R <sup>2</sup>
GWR sem defasagem espacial <sup>1</sup>	Global	1.376,72	-	0,38
	Local	1.198,87	3,71*	0,65
SAR <sup>2</sup>	Global	1.257,29	-	0,50
	Local	1.181,66	2,52*	0,65
SDM <sup>3</sup>	Global	1.238,44	-	0,53
	Local	1.232,42	1,90*	0,66
SLX <sup>4</sup>	Global	1.355,16	-	0,42
	Local	1.187,88	3,30*	0,68

Fonte: Resultados da Pesquisa (2020). Elaboração própria.

Nota<sup>1</sup>: Foi utilizado modelo Kernel gaussiano bi-quadrado adaptativo. O método para seleção da largura ideal da banda foi a partir de seção *Gold*, sendo o tamanho da banda designada <sup>1</sup>97; <sup>2</sup>134; <sup>3</sup>175; <sup>4</sup>138.

Nota<sup>2</sup>: \*Significativo a 1%. \*\*Significativo a 5%. \*\*\* Significativo a 10%.

Os resultados da variabilidade geográfica (coeficientes locais – quantil inferior e superior e a diferença de critério) das variáveis explicativas do modelo SAR estão apresentados na Tabela 5. A partir das estimações foi possível constatar o efeito dos coeficientes locais (valores baixo, médio, alto e não significativos) das 588 microrregiões do Brasil para os fatores que apresentaram variação geográfica, destacando: taxa de pobreza monetária, leito pediátrico e internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância defasada.

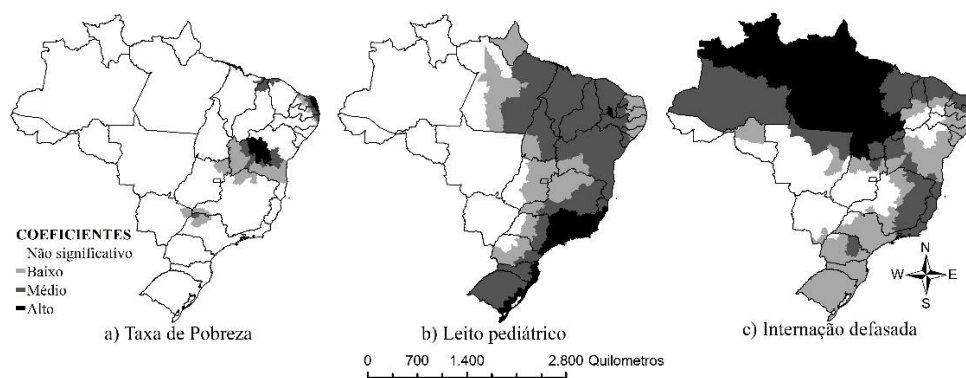
**Tabela 5** – Coeficientes locais e diferença de critério do modelo SAR estimado por GWR, em logaritmo natural-LN, Microrregiões do Brasil, 2015

Variável	Média	Quantil inferior	Quantil Superior	Diferença de Critério
Constante	0,288	-2,695	2,017	-1257,135*
<b>Taxa de Pobreza</b>	<b>0,114</b>	<b>-0,001</b>	<b>0,380</b>	<b>-1070,603*</b>
Esgoto inadequado	0,020	0,002	0,051	5,386
Densidade demográfica	-0,088	-0,137	-0,052	6,761
<b>Leito pediátrico</b>	<b>0,665</b>	<b>0,511</b>	<b>0,793</b>	<b>-8,669*</b>
Equipes da Estratégia Saúde da Família	0,012	-0,037	0,089	5,971
<b>W_Internações</b>	<b>0,449</b>	<b>0,362</b>	<b>0,546</b>	<b>-110,631*</b>

Fonte: Resultados da Pesquisa (2019). Elaboração própria.

Nota: \*Significativo estatisticamente por ser negativo e maior que 2 em módulo (GWR USER MANUAL, 2016).

A Figura 4 apresenta os resultados dos efeitos dos coeficientes locais significativos para o modelo SAR (em logaritmo natural – LN). As variáveis que possuem coeficientes locais positivos são identificadas pela cor preta e cinza e a não significância estatística pela cor branca. O efeito espacial da taxa de pobreza monetária foi positivo (conforme esperado). Isto é, um crescimento da pobreza nessas regiões poderia exercer um forte efeito local no número de internações por doenças infecciosas intestinais em crianças menores de cinco anos. As microrregiões com significância estatística e maior impacto (coeficientes altos) foram verificadas no Rio Grande do Norte (8), Bahia (4), Paraíba (2) e Pernambuco (1).



**Figura 4** – Efeito dos coeficientes locais significativos para o modelo SAR, em logaritmo natural – LN, Microrregiões do Brasil, 2015

Fonte: Resultados da pesquisa (2020). Elaboração própria.

Nota: Considerando Teste  $t_c = 1,96$ , ao nível de significância de 5%.

No que se refere ao leito pediátrico (Figura 4b), observou-se que, com exceção de grande parte da região Norte e do Centro-Oeste, esse fator apresentou coeficientes locais estimados significativos em áreas do Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil. Considerando seu efeito local positivo, tem-se que uma expansão na quantidade de leitos nas áreas destacadas poderia gerar um crescimento das internações infantis por doenças infecciosas intestinais. A maior intensidade desse condicionante pode ser evidenciada nas microrregiões pertencentes as regiões Sul, no Rio Grande do Sul (7) e Santa Catarina (10). Também foi verificado alto coeficiente do leito pediátrico na região Sudeste, em São Paulo (25), Minas Gerais (30), Rio de Janeiro (18) e Espírito Santo (7) e no Nordeste, no Ceará (2).

Na Figura 4c pode ser observado que o efeito espacial local da variável internações defasada foi positivo (conforme esperado). Isto sugere que um crescimento dos internamentos das microrregiões vizinhas pode influenciar o comportamento das internações da microrregião em questão. O maior efeito deu-se nas microrregiões pertencentes as Unidades Federativas de Tocantins, Pará, Amapá, Roraima, Maranhão, Amazonas e Piauí.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados descritos na seção anterior, verificou-se que a taxa de pobreza monetária mostrou uma associação positiva com o número de internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância, tanto nos modelos globais e locais (características gerais das microrregiões brasileiras) quanto no estritamente local (GWR). O modelo local apontou um alto efeito desse fator socioeconômico em regiões mais pobres, localizadas sobretudo no Norte e Nordeste do Brasil. Quanto maior for a taxa de pobreza das microrregiões vizinhas, maior pode ser a quantidade dessas internações na microrregião analisada. Esses resultados estão de acordo com as evidências descritas no estudo de Rasella (2013) na medida em que a condição de pobreza em uma localidade permite mais facilmente a proliferação de infecções (como diarreia, intestinais, respiratórias), devido as suas condições de vida mais precárias (saneamento inadequado, água não tratada, dificuldade de acesso a hospitais). Isso pode implicar em crescimento no número de casos dessas doenças.

Com relação ao esgoto inadequado, esse é um fator que pode aumentar as internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância. O destino inapropriado das fezes do domicílio auxilia na proliferação dessas enfermidades. Os resultados descritos anteriormente estão em linha com os estudos de Checkley et al. (2004); Berendes et al. (2017); Heller, Colosimo e Antunes (2003); Rodrigues (2007); Paz, Almeida e Gunther (2012); Rasella (2013) e Torres et al. (2013), pois a relação espacial entre esse aspecto e as internações de crianças menores de cinco anos por esses agravos se mostrou positiva, sendo observada dependência espacial global e local. Essa relação corrobora com a associação esperada, no qual a maior quantidade de casos desse tipo de doença está relacionada as piores condições de saneamento básico. Esse fato pode ser explicado em virtude dessas enfermidades terem um efeito contágio – transmissão ocorre de pessoa para pessoa ou pela água não tratada. Assim, a proximidade espacial auxilia na proliferação das doenças entre seus vizinhos, como também verificado por Perez-Heydrich et al. (2013).

A densidade demográfica demonstrou associação espacial negativa com as internações por doenças infecciosas intestinais em crianças menores de cinco anos. Ou seja, quanto maior a quantidade de pessoas por quilometro quadrado, menor tendem a ser as internações por essa enfermidade. Em sentido contrário, Torres et al. (2013) identificou que os altos níveis de hospitalizações por um tipo de doença infecciosa intestinal (diarreia) em crianças de 0 a 4 anos, no município de Itaboraí, estado do Rio de Janeiro, estavam em regiões com maiores aglomerações populacionais e melhores condições de vida, devido a densidade populacional facilitar a proliferação de doenças infecciosas (como as intestinais) de pessoa para a pessoa. Por outro lado, segundo Hoffmann (2015) e Calvo et al. (2016), localidades mais povoadas tendem a usufruir de melhores acesso e qualidade nos serviços de saneamento e de saúde, logo a aglomeração de pessoas pode levar a uma redução das internações hospitalares por agravos infecciosos, como verificado neste trabalho.

A oferta de serviços de saúde na Atenção Terciária, representada na presente pesquisa pelos leitos pediátricos nos hospitais do SUS, apresentou relação positiva com as internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância, conforme esperado. Isto é, o aumento na quantidade desse tipo de leitos tende a elevar o número de hospitalizações de crianças menores de cinco anos por este tipo de doença. Este efeito é corroborado pelos resultados do modelo local, o qual indicou que as localidades com alto coeficiente estão situadas no Sul e Sudeste brasileiro, principalmente, nas microrregiões litorâneas e metropolitanas. Ainda, a oferta desses leitos nas microrregiões vizinhas leva a uma expansão das internações na microrregião de análise. Estes resultados estão em consonância com o estudo de Pazó et al. (2017). Esses autores afirmam que a agilidade de acesso aos recursos secundários (como os leitos para internação) e em muitos casos, a necessidade dos médicos em hospitalizar os pacientes para tratamentos, podem induzir ao crescimento dos registros de internamentos.

Na mesma direção, a Atenção Primária retratada neste estudo pelas equipes da Estratégia Saúde da Família possui relação positiva e significativa com as internações infantis por doenças infecciosas intestinais. Esses resultados vão no sentido contrário aos de Rasella (2013), que evidenciou uma relação negativa entre diarreia (um tipo de doença infecciosa intestinal) e a ESF. Segundo esse autor, o caráter de prevenção do programa e o acompanhamento das famílias e crianças por equipes de saúde levariam a redução do número de casos da doença analisada.

Por outro lado, as doenças infecciosas intestinais retratadas pela quantidade de internação podem aumentar decorrente da oferta de serviços de atenção primária dada pelas equipes da ESF. O acesso ao atendimento e orientações dos profissionais desse programa contribui para a detecção precoce das doenças e no encaminhamento aos hospitais. Este fato auxilia no georeferenciamento dos casos e conseqüentemente, pode aumentar os números de registros de internações infantis por essas doenças (RASELLA, 2013; FARIA; SANTANA, 2016; REIS, 2014; SANTOS; JACINTO, 2017).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou os fatores espaciais associados às internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões do Brasil, no ano de 2015. Utilizou-se a Análise Exploratória em Dados Espaciais (AEDE), os modelos econométricos espaciais e a Regressão Ponderada Geograficamente. Os resultados encontrados confirmaram a existência de autocorrelação espacial das internações por doenças infecciosas intestinais na primeira infância entre as microrregiões do país, com *clusters* do tipo Alto-Alto localizadas no Norte e Nordeste, e aglomerações Baixo-Baixo situadas, principalmente, na parte litorânea do Sul e Sudeste brasileiro. Observou-se que a taxa de pobreza monetária, esgotamento inadequado, leito pediátricos e equipes da ESF podem expandir as internações por doenças infecciosas intestinais; enquanto a densidade demográfica afetou negativamente a variável dependente. O efeito da vizinhança também foi verificado pela significância da variável internações por doenças infecciosas intestinais defasada espacialmente. Além disso, houve efeito local da taxa de pobreza e dos leitos para crianças.

Portanto, as internações por doenças infecciosas intestinais em crianças menores de cinco anos podem ser reduzidas ou até eliminadas ao fornecer um padrão de vida mínimo a este público, com melhorias nos indicadores socioeconômicos e no acesso aos bens e serviços de saúde locais. As diferenças geográficas, com destaque para as regiões mais precárias do Norte e Nordeste brasileiro, podem refletir as discrepâncias da qualidade de vida e as inequidades na oferta de serviços do SUS em todo o país. Neste sentido, políticas públicas igualitárias que visem a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar na primeira infância em todas as regiões, podem auxiliar no desenvolvimento saudável dessas crianças e evitar a perda de capital humano para o país.

Por fim, a contribuição deste estudo está relacionada ao fato de fornecer indicadores aos formuladores de políticas públicas sobre os fatores (socioeconômicos, demográfico e de gestão) que podem contribuir para a redução das internações por doenças infecciosas intestinais em um público de alta vulnerabilidade social e responsável pelo capital humano futuro, crianças menores de cinco anos. Além disto, pela análise regional, foi possível direcionar as localidades com associações espaciais, e indicar as áreas de maior precarização e suas relações com a vizinhança, o que visa orientar ações baseadas em evidências e focalizadas na primeira infância.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. *Econometria Espacial Aplicada*. 1. ed. São Paulo: **Alínea**, 2012.
- ANSELIN, L. *Exploring spatial data with GeoDaTM: a workbook*. **Center for spatially integrated social science**, 2005.
- ANSELIN, L.; REY, S. J. Perspectives on spatial data analysis. In: **Perspectives on Spatial Data Analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 1-20.
- ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Springer Science & Business Media, 2013.
- BERENDES, D. et al. Household sanitation is associated with lower risk of bacterial and protozoal enteric infections, but not viral infections and diarrhoea, in a cohort study in a low-income urban neighbourhood in Vellore, India. **Tropical Medicine & International Health**, v. 22, n. 9, p. 1119-1129, 2017.
- BRASIL. **Ministério da Saúde**- Departamento de Informática do SUS. Morbidade Hospitalar do SUS. 2018. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br>. Acesso em: outubro 2018.

BRASIL. **Ministério da Cidadania**- Visualizador de Dados Sociais 2015. Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/home.php>. Acesso em: outubro 2018.

CALVO, M. C. M. et al. Estratificação de municípios brasileiros para avaliação de desempenho em saúde. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 25, p. 767-776, 2016.

CAMARGO-CRUZ, P. E. A. Distribuição espacial-temporal das internações por doenças infecciosas intestinais no estado de São Paulo, para a faixa etária de 5 a 14 anos, entre 2001 e 2010. **Atas de Saúde Ambiental-ASA**, v. 5, n. 1, p. 85-104, 2017.

CHARLTON, M.; FOTHERINGHAM, S.; BRUNSDON, C. Geographically weighted regression. **White paper. National Centre for Geocomputation. National University of Ireland Maynooth**, 2009.

CHECKLEY, W. et al. Effect of water and sanitation on childhood health in a poor Peruvian peri-urban community. **The Lancet**, v. 363, n. 9403, p. 112-118, 2004.

DEATON, A. A grande saída: saúde, riqueza e as origens da desigualdade. Rio de Janeiro: **Intrínseca**, 2017.

FARIA, R.; SANTANA, P. Variações espaciais e desigualdades regionais no indicador de mortalidade infantil do estado de Minas Gerais, Brasil. **Saúde e Sociedade**, v. 25, p. 736-749, 2016.

GROSSMAN, M. On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. **Journal of Political Economy**. v. 80, n. 2, p. 223-255, 1972.

GROSSMAN, M. The human capital model. In: **Handbook of health economics**. Elsevier, 2000. p. 347-408.

GWR USER MANUAL. **Windows Application for Geographically Weighted Regression Modelling**, 2016.

HELLER, L.; COLOSIMO, E. A.; ANTUNES, C. M. F. Environmental sanitation conditions and health impact: a case-control study. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 1, p. 41-50, 2003.

HOFFMANN, J. F. Situação da saúde no RS. **Revista Estudos de Planejamento**, n. 3, P. 60-65, 2015.

MACINKO, J.; GUANAIS, F. C.; DE SOUZA, M. D. F. M. Evaluation of the impact of the Family Health Program on infant mortality in Brazil, 1990–2002. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 60, n. 1, p. 13-19, 2006.

PAES, N. A.; SILVA, L. A. Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil: uma década de transição. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 6, p. 99-109, 1999.

PAZ, M. G. A.; ALMEIDA, M. F.; GÜNTHER, W. M. R. Prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 15, p. 188-197, 2012.

PAZÓ, R.G. et al. Panorama das internações por condições sensíveis à atenção primária no Espírito Santo, Brasil, 2000 a 2014. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 12, n. 39, p. 1-12, 2017.

PEDRAZA, D. F.; QUEIROZ, D. de; SALES, M. C. Doenças infecciosas em crianças pré-escolares brasileiras assistidas em creches. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 511-528, 2014.

jPENNA, K. E. D. V. N. Testes HEGY de raízes unitárias sazonais: efeitos de observações atípicas, erros de medida e quebras estruturais. **Dissertação** (Mestrado em Estatística) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PEREZ-HEYDRICH, C. et al. Social and spatial processes associated with childhood diarrheal disease in Matlab, Bangladesh. **Health & place**, v. 19, p. 45-52, 2013.

RASELLA, D. Impacto do Programa Água para Todos (PAT) sobre a morbi-mortalidade por diarreia em crianças do Estado da Bahia, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, p. 40-50, 2013.

RODRIGUES, M. B. Distribuição espacial da Mortalidade Infantil por Doenças Infecciosas e Parasitárias (DIP) em Jaboatão dos Guararapes – PE. 2007. **Dissertação** (Mestrado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2007.

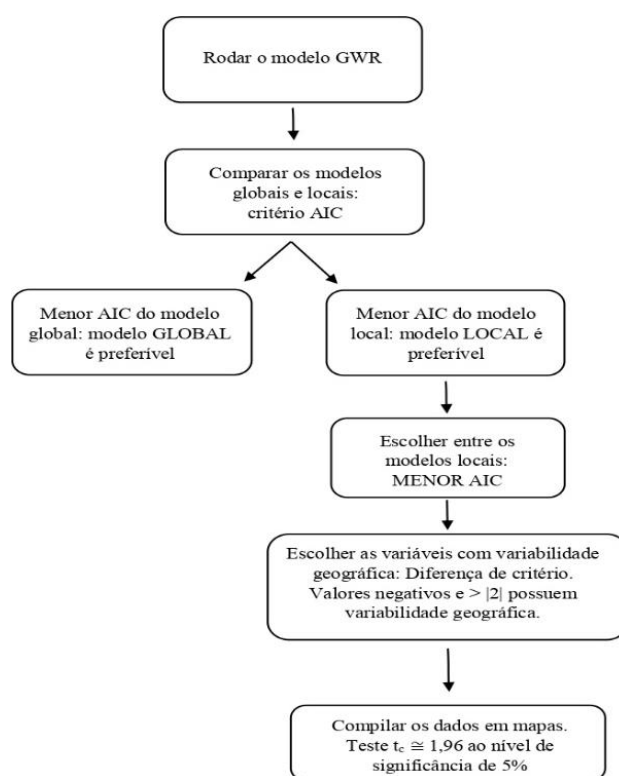
SANTOS, A. M. A.; JACINTO, P. A. O Impacto do Programa Saúde da Família Sobre a Saúde das Crianças da Área Rural do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 2, p. 227-246, 2017.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2018), Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>. Acesso em: junho 2020.

TORRES, R. M. C. et al. Uso de indicadores de nível local para análise espacial da morbidade por diarreia e sua relação com as condições de vida. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 1441-1450, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **State of Inequality: Reproductive Maternal Newborn and Child Health: Interactive Visualization of Health Data**. World Health Organization, 2015. Disponível em: <https://www.who.int/gho/publications/en/>. Acesso em 02 abril 2019.

## APÊNDICE



**Figura 1a-** Fluxograma de especificação do modelo GWR  
Fonte: Elaboração própria (2020).