

## Geoprocessamento no informe epidemiológico da distribuição de padrões espaciais de indicadores da mortalidade infantil no estado de Goiás

Fabrizia Gioppo Nunes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA/LAPIG  
Caixa Postal 131/ CEP: 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil  
fabrizia.iesa.ufg.@gmail.com

**Abstract:** The objective of this study aims the investigation of the distribution pattern of child mortality within the live births in 2012, in the 246 municipalities of the State of Goiás. The studies were performed by the correlation between the risks of occurrence in each region with the parameters of development, such as sewage disposal, education and the public health system. The modeled information was extracted from the database of the live births and child mortality of Health System (DATASUS). The exploratory analysis of spatial autocorrelation of the conditioning parameters of child mortality was based in the Moran Global and Local Index. In order to minimize the random fluctuation of the risks of infant death in the first year of life, the Global Bayesian and Local Bayesian Estimators calculated were compared to crude rates. The use of the Empirical Bayes Estimators contributed in adjusting the interference of high and low extreme values, eliminating null risks and instability from the municipalities with low levels of the population at risk. The obtained results assisted in the identification of segregated spaces. These were defined by the rates of the conditioning parameters (Q) in areas with high clusters – high risk (Q1) and low – low risk (Q2), interleaved by zones of transition (Q3 and Q4).

**Palavras-chave:** cartography, public health, autocorrelation, spatial dynamics, cartografia, saúde pública, autocorrelação, dinâmica espacial.

### 1. Introdução

A epidemiologia estuda a frequência da distribuição dos fenômenos da saúde e das doenças, bem como, as questões relacionadas aos seus fatores condicionantes e determinantes, almejando o maior controle dos eventos de surtos relacionados à saúde pública. Quando se trata de saúde pública, não podemos deixar de mencionar a taxa de mortalidade infantil, que é o número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos, da população residente em um determinado espaço, em um período considerado.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a taxa de mortalidade infantil (TMI) é o principal indicador da saúde pública, refletindo de maneira geral as condições de desenvolvimento socioeconômico e de infraestrutura de uma determinada região. No Brasil tem se verificado uma queda contínua deste índice desde 1990, porém as TMI nacional e, no estado de Goiás, ainda estão aquém da preconizada pela OMS de 10 óbitos por mil nascidos vivos.

Os índices levantados pelo DATASUS, tem demonstrado, que as crianças goianas ainda apresentam baixa expectativa de sobreviverem ao seu primeiro ano de vida. Conforme dados disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Mortalidade Infantil e de Nascidos Vivos, a situação epidemiológica de mortalidade infantil em Goiás, no ano de 2012, foi de 15,82 óbitos de crianças menores de um ano, para cada mil nascidas vivas, relativamente alto, comparado a maioria dos estados brasileiros. Neste mesmo ano o número de óbitos em Goiás, somou 1.343, contribuindo com cerca de 3,5% do total de óbitos no país.

Sua redução está condicionada principalmente ao aumento da escolaridade feminina, a elevação do percentual de domicílios com saneamento básico adequado, diminuição da desnutrição infanto-juvenil e um maior acesso aos serviços de saúde, que proporcionam melhoria na qualidade do atendimento pré-natal e durante os primeiros anos de vida dos nascidos vivos.

Uma das formas de se conhecer a saúde da população, na questão de planejamento regional, é a análise de seus indicadores segundo áreas geográficas, que sinalizem agregados espaciais. Estes agregados podem ser definidos por delimitações administrativas, que possuam

características semelhantes desde a distribuição de padrões de doenças, mortalidades, serviços de saúde, infraestrutura básica e desenvolvimento socioeconômico.

Na temática da distribuição de autocorrelação espacial de indicadores da saúde de mulheres e crianças, no estado do Paraná, Mello e Mathias (2010), já haviam delineado algumas variáveis condicionantes da taxa de mortalidade infantil. Segundo os autores o geoprocessamento, a distribuição espacial e o uso de mapas temáticos em saúde constituem-se em técnicas de grande importância na análise de risco a saúde coletiva, tornando-se poderosas ferramentas para a conexão entre saúde e área geográfica.

Em estudos relacionados a análise exploratória do padrão de ocorrência espacial da mortalidade infantil no município de Goiânia (GO), Moraes Neto (2002) aponta para os períodos neonatal e pós-neonatal um padrão de risco heterogêneo, com distritos de alto risco distribuídos em toda a região do município, inclusive a região central. O autor atenta para a necessidade de estudos mais detalhados que investiguem o papel das covariáveis como fatores responsáveis pela dependência espacial da mortalidade infantil.

Nesta perspectiva, o presente trabalho visa investigar o padrão da distribuição espacial da mortalidade infantil nos 246 municípios do estado de Goiás, mediante a identificação da existência de dependência espacial e de aglomerados de risco de ocorrências. Para tanto foram calculadas as estimativas Bayesianas Empírica Global e Local, comparadas à Taxa Bruta. Na análise exploratória de autocorrelação espacial, dos parâmetros condicionantes da mortalidade infantil, ou seja, das covariáveis foram utilizadas técnicas de análise exploratória de dados espaciais, tais como, o índice de Moran Global e Local.

## 2. Procedimentos Metodológicos

Para minimizar a flutuação aleatória da taxa de risco de óbitos infantis, no primeiro ano de vida, foram calculadas as estimativas Bayesianas Empírica Global e Local, comparadas à Taxa Bruta. A população investigada foram os nascidos vivos, no ano de 2012. Foram analisados alguns parâmetros de desenvolvimento como saneamento básico, educação e saúde pública que interferem no aumento ou diminuição da mortalidade infantil (Tabela 1). As informações modeladas foram extraídas do banco de dados de nascidos vivos e de mortalidade infantil, do Sistema Único de Saúde - DATASUS, ano base 2012.

Tabela 1. Parâmetros condicionantes da mortalidade infantil

Setor	Indicador	Característica
Saneamento Básico	Cobertura de esgotamento sanitário	Percentual da população residente que dispõe de escoadouro de dejetos através de ligação do domicílio à rede coletora ou fossa séptica
Condições Social e Educacional	Mães adolescentes	Proporção de nascidos vivos ocorridos de mães adolescentes
	Escolaridade feminina	Número de mães com menos de 8 anos de estudo (2º grau incompleto)
Condições de Saúde	Nascidos vivos de baixo peso	Expressa o percentual de nascidos vivos de baixo peso (menos de 2.500g), em relação ao total de nascidos vivos
	Consultas pré-natal	Proporção de 7 ou mais consultas pré-natal (%)
	Índice de desempenho do SUS	Indica o desempenho do Sistema Único de Saúde (SUS) dos municípios quanto ao acesso e à efetividade de atenção básica, ambulatoriais e hospitalar, das urgências e emergências

O Estimador Bayesiano Empírico permite que a informação a respeito do risco, contida nos dados de todas as outras áreas, seja usada para estimar o risco de uma determinada área. O método elimina parcialmente a variabilidade presente nas Taxas Brutas, que não estão

associadas a fatores de risco (ASSUNÇÃO et al., 1998). Para os autores o estimador Bayesiano Empírico Global, calcula uma média ponderada entre a taxa bruta da localidade e a taxa global da região, razão entre o número total de casos e a população total. O estimador Bayesiano Empírico Local inclui efeitos espaciais, utilizando somente os vizinhos geográficos da área na qual se deseja estimar a taxa, convergindo assim, em direção a uma média local em vez de uma média global.

Na análise exploratória de autocorrelação espacial, dos parâmetros condicionantes da mortalidade infantil, foram utilizadas técnicas de análise exploratória de dados espaciais, tais como, o índice de Moran Global e Local. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis em estudo, identificar observações atípicas não só em relação ao tipo de distribuição, mas também em relação aos vizinhos, buscando a existência de padrões na distribuição espacial (ANSELIN, 1993).

Todos os cálculos de estatística espacial e representações cartográficas, bem como os diagramas de dispersões utilizados para a comparação dos índices gerados, foram elaborados no programa TerraView 4.2.2, que possui ferramentas de análises estatísticas, com foco em análises espaciais.

A base de dados vetoriais georreferenciada dos municípios referentes ao estado de Goiás, foi extraída do SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás) e os dados censitários da população, em cada município avaliado, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-Cidade).

A matriz de vizinhança construída e utilizada nas análises foi a do critério de contiguidade, ou seja, usou-se o valor 1 (um) para os municípios vizinhos e o valor 0 (zero) quando os municípios não apresentaram fronteira adjacente. O cálculo da correlação espacial de Moran foi executado com a opção de 99 permutações. Ao final dessa etapa, foram geradas a associação espacial global (Índice de Moran) e local, com os mapas que representam o diagrama de espalhamento de Moran (*Box Map, Moran Map*).

Para Câmara *et al.* (2004) o *Box Map e Moran Map* são a visualização espacial do Gráfico de Espalhamento de Moran, em um mapa coroplético, no qual são mapeadas áreas de agrupamentos (Q1 e Q2) e de transição, atípico ou não (Q3 e Q4). O quadrante (Q1) demonstra o atributo acima da média para a unidade e seus vizinhos, indicando a existência de “clusters” de valores altos do indicador analisado. O quadrante (Q2) representa os atributos abaixo da média para a unidade e seus vizinhos, indicando a existência de “clusters” de valores baixos do indicador/variável analisada. O quadrante Q3 destaca o atributo acima da média para a unidade e abaixo da média para os seus vizinhos, indicando a existência de áreas de transição. E, finalmente, o quadrante Q4 indica o atributo abaixo da média para a unidade e acima da média para os seus vizinhos, indicando também, a existência de áreas de transição (OLIVEIRA, 2013).

### 3. Resultados e Discussão

Uma característica importante a ressaltar é a presença de uma grande quantidade de valores extremos, baixos e altos, representativos da Taxa Bruta. Os dados tabulados, apontam à existência de municípios onde este valor é nulo, que significa dizer que a população de nascidos vivos não está sujeita a risco de mortalidade, algo que não correspondente à realidade.

Assim, como resultantes do cômputo espacial, e da representação cartográfica ilustrada na Figura 1, comprova-se que a Taxa Bruta não é uma boa estratégia para expressar o risco da distribuição espacial da TMI, uma vez que o seu mapa apresenta uma aparência fragmentada, não evidenciando de forma clara um padrão espacial para a distribuição das taxas de mortalidade infantil, na amplitude estadual.

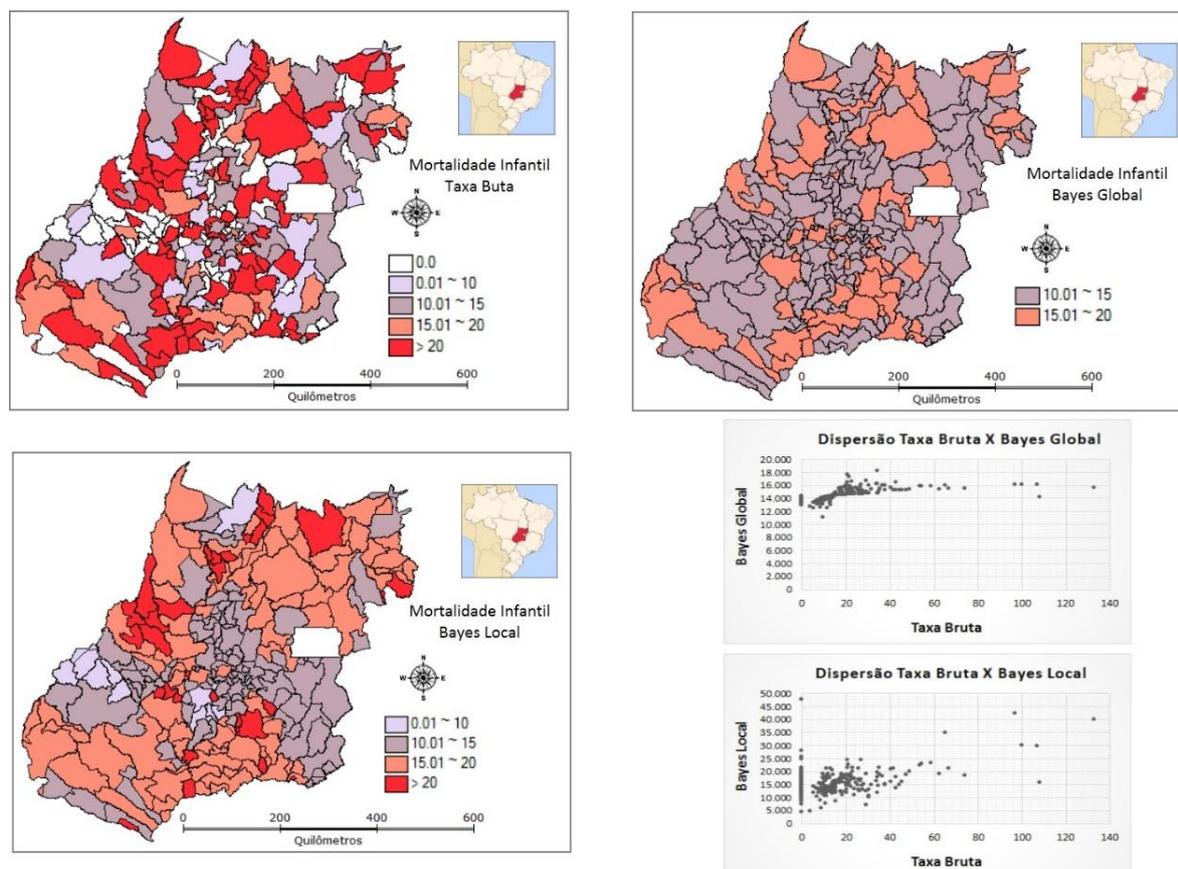


Figura 1. Dispersão da mortalidade infantil nos municípios de Goiás, aplicativos da Taxa Bruta e Estimativas Bayesianas Global e Local (ano base 2012).

Já aplicação dos estimadores Bayesianos Global e Local, resultou na eliminação total dos municípios de risco nulo (Figura 1). O mapa, bem como, o diagrama da taxa Bayesiana Global apresentam os resultados concentrados entorno de valores de uma média global, generalizados em apenas duas classes de 10.1 a 15 e de 15 a 20 óbitos a cada 1.000 nascidos vivos, superestimando os resultados.

A estimativa obtida pelo método Bayesiano Local, mostra mais claramente um padrão regional. Permite visualizar com certa precisão os padrões de associação espacial, ou seja, a regionalização local do agrupamento dos municípios vizinhos com características semelhantes. Assim, esta estimativa, apresentou-se como a mais adequada para representar o padrão da distribuição espacial da mortalidade infantil no estado de Goiás.

Pelo comportamento sequencial das estimativas, os diagramas de dispersão vem a confirmar que nas variáveis corrigidas pela Estimativa Local, os valores se dispersam mais da Taxa Bruta do que nas variáveis corrigidas pela Estimativa Global. Essa análise pode ser visualizada, pela maior dispersão linear dos valores plotados, no gráfico representativo da dispersão da Taxa Bruta x Bayes Local.

O Índice de Moran Global (Tabela 2) apresentou para as variáveis saneamento básico e nascidos vivos de baixo peso, um valor muito baixo, combinado com uma significância acima de 0,05 o que refuta a hipótese de autocorrelação para estas duas variáveis. Por outro lado, para as demais variáveis, apesar de apresentar um Índice de Moran positivo, porém relativamente baixo, sua significância ficou abaixo de 0,05, destacando, que não se deve rejeitar a hipótese de autocorrelação espacial para estas variáveis.

Tabela 2. Índice Global de Moran dos parâmetros condicionantes da mortalidade infantil

Setor	Indicador	Índice de Moran (Global)	p-valor
Saneamento Básico	Cobertura de esgotamento sanitário	-0,0189	0,35
Condições Social e Educacional	Mães adolescentes	0,0982	0,02
	Escolaridade feminina	0,1300	0,03
Condições de saúde	Nascidos vivos de baixo peso	0,0432	0,12
	Consultas pré-natal	0,2775	0,01
	Índice de desempenho do SUS	0,2959	0,01

As Figuras 2 e 3 contém os resultados da aplicação do índice de autocorrelação espacial de Moran Local apresentando os *Box Maps*, *Moran Maps* e diagramas de espalhamento. Nos *Box Maps* são visualizados os dados, mostrando como os valores dos 246 municípios goianos, estão correlacionados no espaço. Nos *Moran Maps* são especializados somente os dados considerados estatisticamente significativos. Nestes mapas é possível confirmar a presença de *clusters* significativos de altos e baixos índices, dos parâmetros condicionantes da mortalidade infantil, em locais específicos do estado.

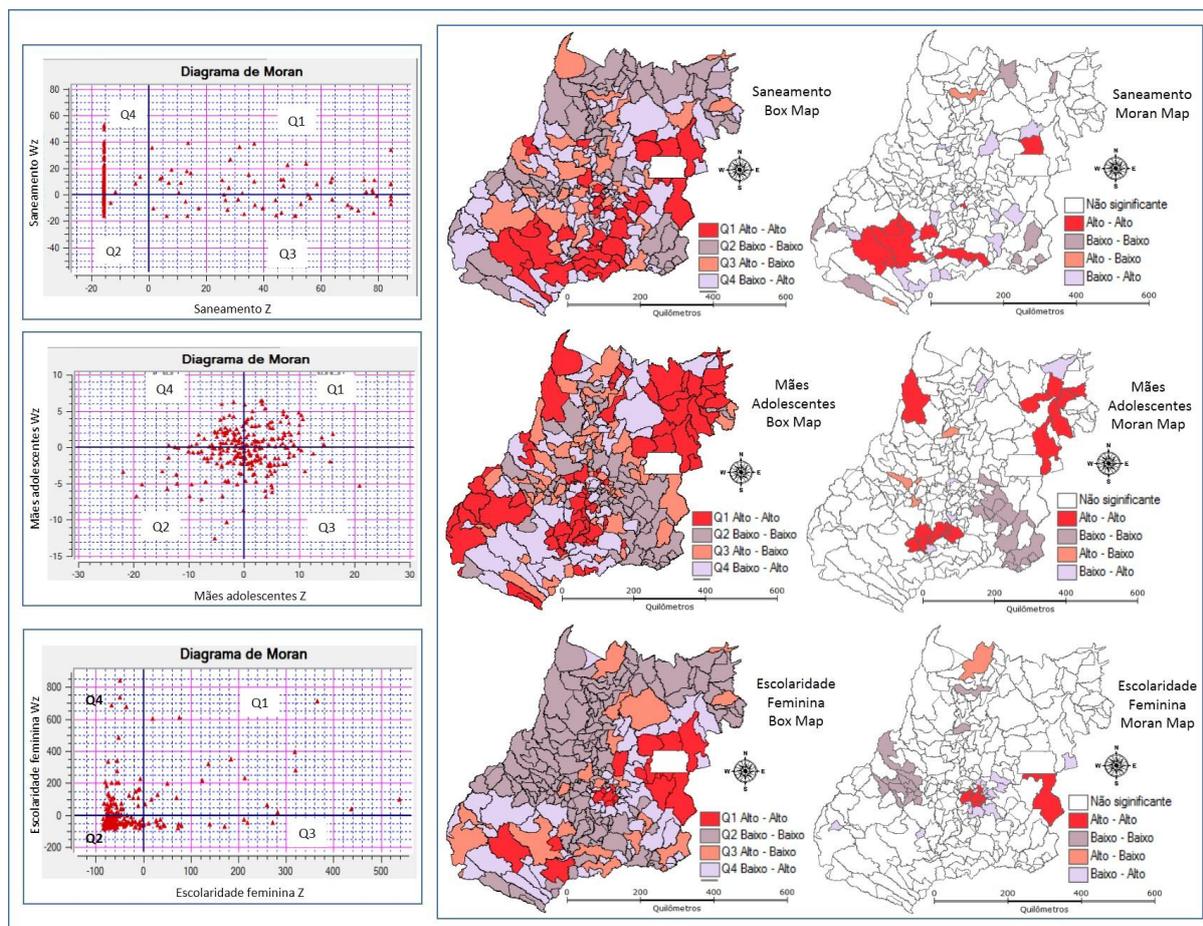


Figura 2. Índices de autocorrelação espacial das variáveis saneamento básico, condições social e educacional (Diagramas de Moran, *Box Maps* e *Moran Maps*).

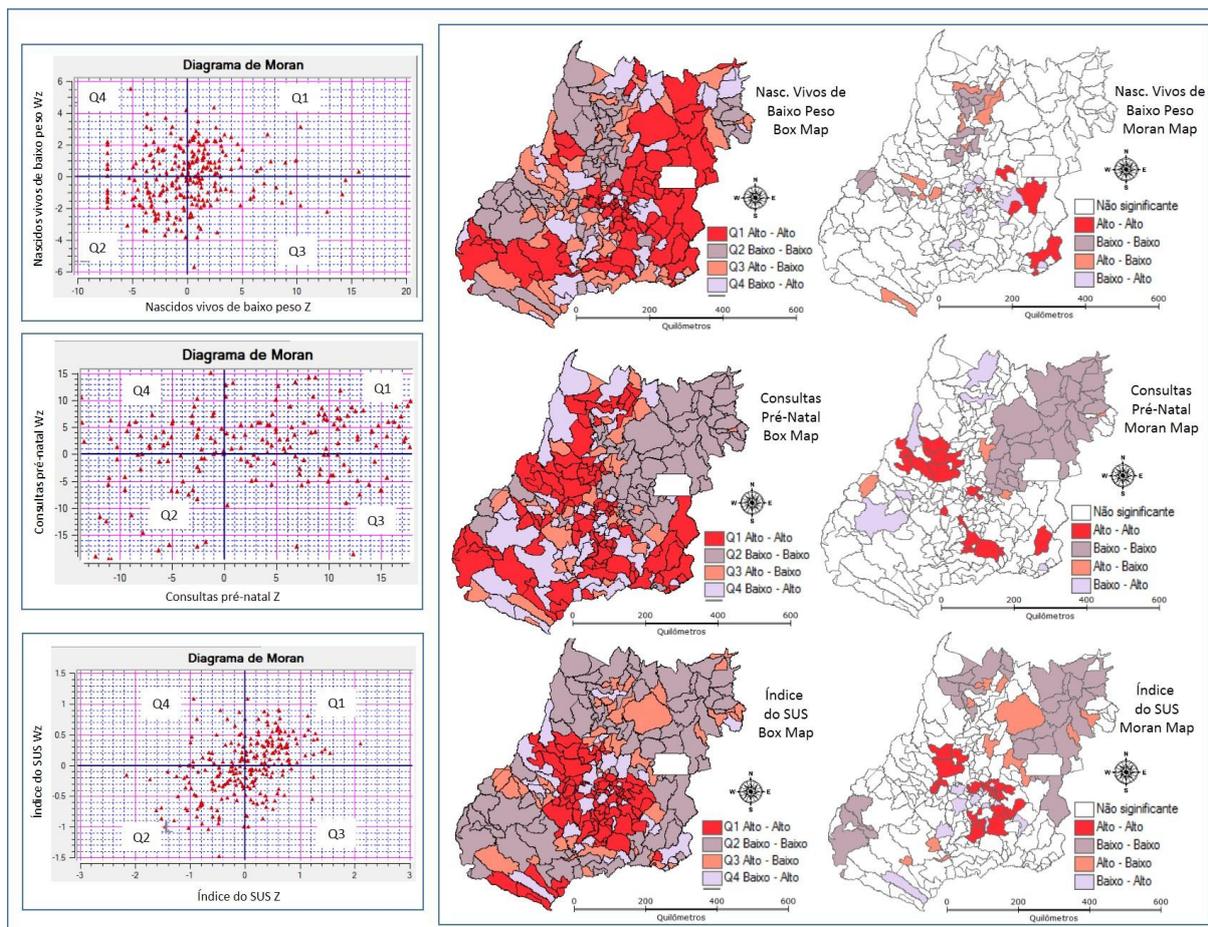


Figura 3. Índices de autocorrelação espacial das variáveis de saúde (Diagramas de Moran, *Box Maps* e *Moran Maps*).

Para geração dos *Box Maps* e *Moran Maps*, utilizou-se os valores do diagrama de espalhamento de Moran, a serem representados em mapas temáticos, onde cada zona identificou o quadrante do par ordenado dos valores normalizados de Z e WZ. Assim, obteve-se a estimativa dos valores de (Z) que corresponde ao desvio do atributo na unidade selecionada e, dos valores de (WZ), que é a média dos desvios dos atributos dos vizinhos da unidade selecionada.

O estudo da mortalidade infantil, associado aos fatores condicionantes do desenvolvimento social e econômico, revelam uma desigualdade entre os municípios, causadora da segregação socioespacial, representadas por áreas de *clusters*.

Nas regiões nordeste e noroeste do estado, verificam-se conglomerados municipais de baixo índice de saneamento básico, consultas pré-natal (Q2) e de elevado número de mães adolescentes (Q1) associados à *clusters* de municípios de maior risco de mortalidade infantil, definidos pela estimativa Bayesiana Local. Nos municípios localizados, nas outras regiões do estado, a correlação destes índices com a estimativa Bayesiana Local, não apresentou-se tão significativa.

É importante lembrar que a idade materna pode estar associada a condições de riscos para o recém-nascido, tais como a prematuridade e o baixo peso ao nascer, que tendem a ser mais frequentes nos nascidos de mães adolescentes. O quantitativo de mães adolescentes, bem como, do baixo grau de escolaridade feminina, também podem ser indicativos de suas precárias condições sociais e econômicas.

Para o estado de Goiás como um todo, observa-se que a maior correlação espacial de risco da mortalidade infantil, detectada pela taxa Bayesiana Local, está associada aos parâmetros de baixo desempenho do SUS e da escolaridade feminina, ou seja, aos quadrantes Q2 e Q4.

Pode-se ainda verificar nas resultantes dos produtos cartográficos, que é, bem nítida, a correlação do *cluster* de alto desempenho do SUS (Q1), localizado na região central do estado com o baixo índice da mortalidade infantil. Para as demais regiões, onde este índice é baixo tem-se o aumento do risco da mortalidade. Como exceção desta correlação, tem-se a região centro oeste, que apresenta um índice de desempenho do SUS relativamente alto, sobreposto a *clusters* de elevada TMI. Já o elevado índice de nascidos de baixo peso, pode estar influenciando na existência de *clusters* de alto risco de óbitos infantil principalmente na região nordeste, extremo centro oeste e porção sul do estado.

#### 4. Conclusões

Os dados especializados em produtos cartográficos, favorecem a rápida visualização das necessidades específicas dos municípios, bem como, as suas diferenças ou padrão de igualdade, avaliando de forma quantitativa, os relacionamentos entre os diferentes fatores responsáveis pela dependência espacial da mortalidade infantil. Como vantagem, estes produtos cartográficos podem ser usados com eficiência em qualquer programa de melhoria à saúde pública.

Os *Moran Maps*, evidenciam claramente *clusters* de autocorrelação espacial significativa, da classe baixa-baixa (Q2), dos índices de desempenho do SUS e de consultas pré-natal. Estes *clusters* (Q2) formados pelo agregado de alguns municípios da região nordeste, estão associados às classes altas de mortalidade infantil, ou seja, maior de 15 óbitos por mil nascidos vivos, resultantes do Estimador Bayes Local. Outro fator a considerar na representação da taxa Bayesiana Local, é o *cluster* da classe maior de 20 óbitos por mil nascidos vivos, formado por alguns dos municípios da região centro oeste, associado, provavelmente ao *cluster* de autocorrelação significativa, da baixa escolaridade feminina.

Essas estimativas, levam a crê, que uma atuação mais direta do governo estadual em parceria com as administrações municipais, atuando na melhoria do atendimento à saúde pública e do acesso ao ensino médio e fundamental, principalmente nos municípios apontados, podem ajudar a minimizar a TMI, não somente nestes municípios, mas no estado como um todo. É interessante mencionar, que pela visualização dos mapas que representam a TMI, Taxa Bruta e Bayes Local, são bem poucos os municípios goianos que possuem este índice abaixo de 10 óbitos por mil nascidos vivos, preconizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Por fim, recomenda-se modelar a correlação espacial dos parâmetros condicionantes da TMI, em outros anos, para avaliar a efetividade da influência de cada índice, no aumento ou diminuição, do número de óbitos infantil em uma escala temporal mais abrangente.

#### Referências Bibliográficas

Anselin, Luc. Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. In: Workshop on New Tools for Spatial Analysis, 1993, Lisbon, **Anais...** Lisbon, Portugal: ISEGI, nov. 1993. Artigo, p. 18-20.

Assunção, R. M.; Barretos, S. M.; Guerra, H. L.; Sakurai, Emília. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. **Caderno de Saúde Pública**, v. 14, n. 4, p. 713-723, 1998.

Câmara, G.; Carvalho, M. S.; Cruz, O. G.; Correa, V. Análise espacial de áreas. In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. V. M. (Org.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. cap.5. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf> >. Acesso em: 23 abr. 2014.

DATASUS. Departamento de Informática do SUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

IBGE-Cidade. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 02 abr. 2014.

Melo, E. C.; Mathias, T. A. F. de. Distribuição e autocorrelação espacial de indicadores da saúde da mulher e da criança, no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Latino-Am. Enfermagem**, v.18, n. 6, 10 telas, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n6/pt\\_19.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n6/pt_19.pdf)>. Acesso em: agosto de 2014.

Melo, E. C.; Mathias, T. A. F. de. Distribuição e autocorrelação espacial de indicadores da saúde da mulher e da criança, no Estado do Paraná, Brasil. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, v.18, n. 6: [10 telas], nov-dez 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692010000600019&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692010000600019&script=sci_arttext&tlng=pt)> Acesso em: 25 abr. 2014.

Morais Neto, O. L.de. **Padrões espaciais da mortalidade infantil em Goiânia-Goiás, nas coortes de nascidos vivos entre 1992 a 1996**. 2002. 211p. (UNICAMP). Tese (Doutorado em Ciências Médicas) - Faculdade de Ciências Médicas, Campinas, 2002.

Oliveira, A. P de; Machado, V. T.; Mendonça, T. S; Souza, E. M. F. R de; Carvalho, V. M. S. G. de; Cuz, C. B. M. Autocorrelação espacial no estudo das diferenças sociais no Rio de Janeiro: antigas zonas, novas fronteiras. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigo. p. 3841- 3848. DVD, On-line. ISBN: 978-85-17-00065-2. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0513.pdf>> Acessado em: 15 jul. 2014.

SIEG. Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2014.