




Varredura espaço-temporal para identificação de áreas de risco para hospitalização de crianças por asma em Mato Grosso

Space-time scan for identification of risk areas for hospitalization of children due to asthma in Mato Grosso, Brazil

Elaine Cardoso de Oliveira Souza^I, Emerson Soares dos Santos^{II} ,
Antonia Maria Rosa^{III} , Clóvis Botelho^{IV} 

RESUMO: *Introdução:* A asma resulta de complexa interação entre fatores genéticos, ambientais e socioeconômicos e representa um importante problema de saúde pública mundial. O objetivo deste trabalho foi identificar áreas prioritárias para ações de controle de asma em crianças. *Método:* Estudo ecológico no qual foi utilizada a varredura espaço-temporal. Selecionaram-se as autorizações de internação hospitalar pagas, não eletivas, de curta permanência (tipo 1), segundo o ano de ocorrência e o local de residência. Os períodos de análise compreendem os anos de 2001–2004 e 2005–2012. *Resultados:* O *cluster* primário de alto risco esteve localizado na região do entorno de Barra do Bugres nos dois períodos de estudo (risco relativo = 8,17, no primeiro período, e 10,37, no segundo). O número de *clusters* de alto risco aumentou de 8, no período 2001–2004, para 9, entre 2005–2012; enquanto os *clusters* de baixo risco diminuíram de 6, no período inicial, para 4, no último. As áreas prioritárias para atenção e intervenção às crianças com asma são a região do entorno de Barra do Bugres, que se manteve nos dois períodos com *clusters* primários de alto risco, e a borda leste e nordeste do estado, que apresentou aumento do risco. Além disso, houve aumento de 87% do número de municípios de alto risco e diminuição em 28% dos municípios de proteção. *Conclusão:* Conclui-se que as áreas prioritárias para a atenção à saúde, nas quais aumentou o risco de internação por asma em crianças, são o entorno de Barra do Bugres e Porto Estrela e a borda leste e nordeste do estado.

Palavras-chave: Asma. Criança. Análise espaço-temporal. Análise espacial.

^IInstituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá (MT), Brasil.

^{II}Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá (MT), Brasil.

^{III}Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade do Estado de Mato Grosso – Cáceres (MT), Brasil.

^{IV}Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá (MT), Brasil.

Autor correspondente: Antonia Maria Rosa. Avenida Tancredo Neves, 1.095, Cavalhada, CEP: 78200-000, Cáceres, MT, Brasil. E-mail: antonia-mr@unemat.br

Conflito de interesses: nada a declarar – **Fonte de financiamento:** nenhuma

ABSTRACT: Introduction: Asthma is the result of a complex interaction between genetic, environmental and socioeconomic factors. It represents a serious global public health problem. The goal of this study was to identify geographic areas for priority actions in order to control of asthma in children. **Method:** Ecological study that space-time statistic Scan was used. Non-elective, short-stay (type 1) paid authorizations of hospitalizations were selected according to hospitalizations year and children place of residence. **Results:** In the two periods of the study, the high risk primary cluster was located in the region of Barra do Bugres (relative risk = 8.17, in the first period, and 10.37, in the second). The number of high-risk clusters increased from 8, in the period 2001–2004, to 9, in 2005–2012; while low-risk clusters decreased from 6, in the initial period, to 4, in the latest. The priority geographic areas for attention and intervention for children with asthma are the region around Barra do Bugres, which remained in the two periods with high risk primary clusters and the southwest border of the State that presented increase of the risk. Furthermore, there was an increase of 87% in the number of high risk counties and a reduction of 28% of the counties of protection. **Conclusion:** In conclusion, the surroundings areas of Barra do Bugres and Porto Estrela and the east and northeast border of the state are priority for health care, once there was an increased risk of hospitalization of children due to asthma.

Keywords: Asthma. Child. Spatial-temporal analysis. Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

A asma é uma das doenças crônicas mais comuns da infância, representando importante problema de saúde pública mundial. Adequadamente tratada, a criança teria os sintomas minimizados e as atividades diárias normais, com a função pulmonar o mais próximo da normalidade, sem exacerbações ou hospitalizações, o que leva à prevenção da mortalidade¹.

A maioria das hospitalizações ocorre por exacerbações da asma e representa uma falha do tratamento ou controle da doença. Essas hospitalizações são consideradas marcadores da qualidade da atenção primária à saúde e são evitáveis por meio de manejo adequado da doença².

A asma é resultante de uma complexa interação entre fatores genéticos, ambientais e socioeconômicos. Assim, utilizar Sistema de Informação Geográfica (SIG) aliado a técnicas de análise espacial para monitorar a localização espacial da asma em crianças é importante, pois os mapas resultantes desta análise podem auxiliar na compreensão da distribuição geográfica das doenças e na identificação das áreas com maior e menor risco, o que contribui com o planejamento de políticas públicas de saúde e a vigilância desse agravo³.

Silva et al.⁴ e Rodrigues et al.⁵ analisaram a distribuição espacial das internações hospitalares por asma na região Amazônica utilizando como técnica de análise espacial o estimador de densidade Kernel. Outros estudos^{6,7} demonstraram a eficácia da técnica de interpolação espacial para estudos de influência de variáveis na ocorrência de asma. O Índice de Moran, que tem como base a autocorrelação espacial e objetiva a identificação de áreas com características semelhantes e inter-relacionadas, foi usado em estudos sobre asma na

cidade de Chicago⁸ e em Taiwan⁹. Entretanto, tanto a ferramenta Densidade Kernel quanto a Interpolação Espacial e o Índice de Moran têm uma limitação em comum: a dificuldade em se trabalhar com a variável tempo. As técnicas se limitam a tratar a informação como algo que tenha variação apenas em um plano bidimensional-unitemporal, ou seja, a análise da intensidade da ocorrência do fenômeno estudado se dá exclusivamente em função de sua localização espacial e dos vizinhos geográficos. Caso haja a necessidade de se analisar a variação multitemporal, é necessária a construção de vários mapas, cada um mostrando a realidade de um determinado momento no tempo¹⁰.

Uma técnica alternativa é a varredura espaço-temporal¹⁰, implementada no *software* SaTScan, que tem o objetivo de identificar *clusters* espaciais e espaço-temporais, bem como sua significância estatística. Em estudos especificamente sobre asma em Nova Iorque¹¹ e na Coreia do Sul¹², os autores utilizaram a varredura espaço-temporal para identificar áreas prioritárias para controle da doença.

O objetivo deste trabalho foi identificar áreas prioritárias para ações de controle de asma em crianças em Mato Grosso, a partir do indicador “taxa de internações pela doença em menores de 5 anos de idade”.

MÉTODO

DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de estudo epidemiológico descritivo com delineamento ecológico, no qual foi utilizada a varredura espaço-temporal. O estudo foi conduzido no estado de Mato Grosso, situado na região Centro-Oeste do Brasil. Foram selecionadas as autorizações de internação hospitalar (AIHs) pagas, não eletivas, de curta permanência (tipo 1), segundo o ano de ocorrência e o local de residência das crianças que compuseram a população de estudo¹³. Os períodos de análise compreenderam os anos de 2001-2004 e 2005-2012.

POPULAÇÃO E ÁREA

A unidade de análise constou dos 141 municípios que compõem o estado de Mato Grosso, com população estimada de 3.344.544 habitantes em 2017. No período do estudo, a população menor de 5 anos do estado variou de 265.217 habitantes em 2001 a 250.639 em 2012¹⁴.

A parte norte do estado de Mato Grosso está inserida no chamado Arco do Desmatamento, conhecida região brasileira em que ocorre intensa derrubada de árvores. No centro-sul e sudoeste do estado, estão localizadas as principais áreas de plantação de cana-de-açúcar (Figura 1). A queima de biomassa, que ocorre principalmente entre os meses de maio e setembro, proveniente tanto do desmatamento como para o manuseio da cana-de-açúcar, afeta de maneira substancial a qualidade do ar¹⁵.

FONTE DE DADOS

Para esta investigação, os dados de internações hospitalares por asma foram obtidos do banco de dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde (SUS)/Ministério da Saúde, por meio das AIHs do SUS. Adotou-se como definição de caso o registro de hospitalização com diagnóstico principal de asma de crianças que tinham, até a data da internação, 4 anos 11 meses e 29 dias, residentes nos municípios do estado. Foram coletados os dados referentes a internações com diagnóstico principal de asma (Classificação Internacional de Doenças (CID-10), códigos: J45.0, J45.1, J45.8 e J45.9). O período analisado teve início no dia 1º de janeiro de 2001 e terminou no dia 31 de dezembro de 2012. Os dados populacionais, ou seja, o número de crianças menores de 5 anos de idade residentes em cada município, foram obtidos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)¹³ para cada ano estudado. Para elaboração dos mapas, foi utilizada a malha digital dos limites municipais disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹⁴.

A TÉCNICA DE VARREDURA ESPAÇO-TEMPORAL

Sob a hipótese de que os municípios com maiores taxas de internação de crianças em decorrência da asma formariam aglomerados (*clusters*) espaço-temporais, resolveu-se analisar

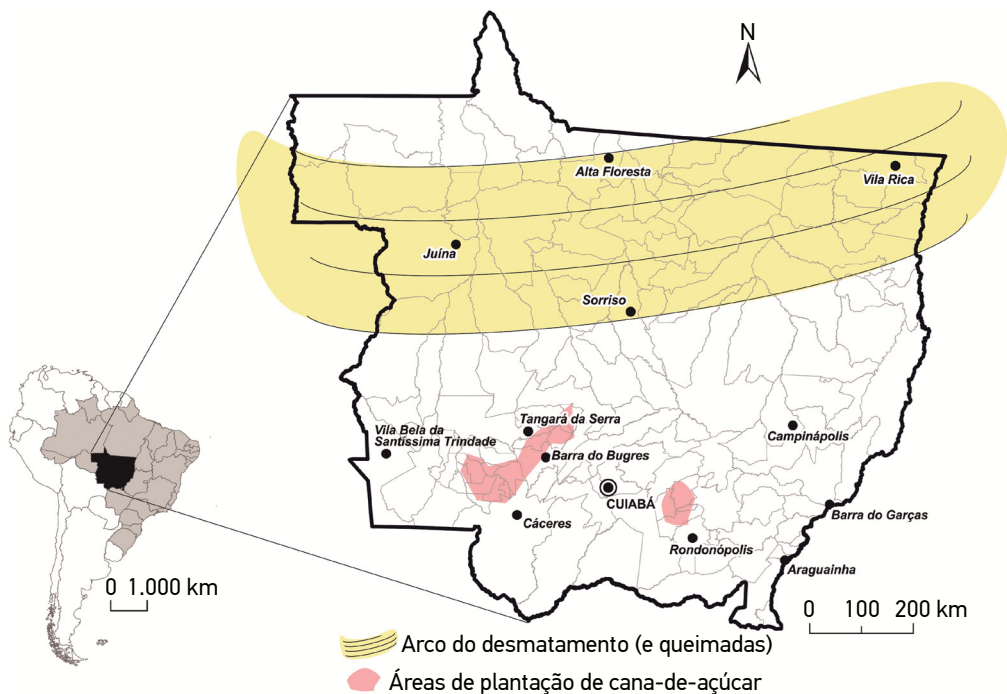


Figura 1. Área de estudo: localização do estado de Mato Grosso e identificação do arco do desmatamento e áreas de produção de cana-de-açúcar.

os dados por meio da técnica de varredura espaço-temporal. Para isso, foi usado o programa SaTScan v9.4.4¹⁶. O *software* SaTScan pode ser obtido por meio de *download* diretamente no site do grupo desenvolvedor. Trata-se de um aplicativo gratuito, amplamente utilizado por importantes Centros de Estudos em Saúde, como Center of Disease Control and Prevention of the USA (CDC-USA) e o Ministério da Saúde no Brasil. O método *Scan* de Kulldorff^{10,16,17} reconhece o aglomerado espacial que mais provavelmente viole a hipótese nula de não aglomeração; identifica os *clusters* primário e secundários.

É considerado *cluster* primário a janela com a máxima verossimilhança, sendo este o *cluster* que tem a menor probabilidade de ter ocorrido ao acaso. Um valor de p é atribuído a esse *cluster*. Para as análises puramente espaciais e espaço-temporais, o SaTScan também identifica aglomerados secundários no conjunto de dados, além do *cluster* mais provável, e os ordena de acordo com seus testes estatísticos de razão de verossimilhança^{10,16}.

Entre os anos de 2001 e 2012, houve diminuição do número de internações por asma em crianças no estado de Mato Grosso, principalmente a partir do ano 2005. De 2001 a 2004, a quantidade de registros permanece alta e constante; já a partir de 2005, percebe-se um padrão de declínio¹⁸. Tratando-se de análise espaço-temporal, o volume de dados verificado entre 2001 e 2004 poderia facilmente camuflar possíveis aglomerados existentes a partir de 2005. Por esse motivo, optou-se por dividir o conjunto de dados em duas séries temporais, sendo considerado o primeiro período de 2001 a 2004 e o segundo de 2005 a 2012. Utilizou-se o modelo probabilístico Poisson, no qual são considerados a população sob risco — a população de toda a área de estudo e a população de cada uma das localidades dentro de toda a área — e o número de casos de toda a área e de cada localidade analisada^{10,16}.

Para esse modelo, a estatística *Scan* ajusta para a densidade populacional irregular presente em praticamente todas as populações, como a diferença entre o número de pessoas dos sexos feminino/masculino, assim como a idade. Neste trabalho, os números de casos de internação foram ajustados pela covariável sexo. A varredura espaço-temporal é feita por uma janela circular ou elíptica, cilíndrica, cuja base é espacial e a altura do cilindro refere-se ao tempo.

Foram utilizados os pontos com coordenadas planas (X, Y) dos centroides dos municípios. É possível alimentar o modelo com as coordenadas geográficas de cada município, mas, com a utilização desse tipo de coordenada, o *software* limita-se a procurar *clusters* em formato circular, e o uso de coordenadas planas possibilita que sejam encontrados *clusters* que têm outras formas, como linear ou elipses alongadas. Com o intuito de não limitar a forma dos aglomerados a círculos, optou-se pela janela elíptica^{10,16,17}.

Além de identificar os aglomerados espaciais, o método fornece um poderoso medidor da presença ou da ausência do evento, que é o risco relativo (RR). É calculado um valor que representa o quanto uma área é mais ou menos susceptível a ter a presença do evento em relação às demais áreas de toda a extensão territorial estudada. O RR indica a incidência de casos de hospitalização de crianças com asma dentro do *cluster* em relação à incidência fora do *cluster*. Para avaliação da significância ao nível de $p < 0,01$ do modelo, o número de replicações Monte Carlo foi de 999 vezes.

Partindo do pressuposto de que existe importante diferença na ocorrência de internações por asma entre os períodos 2001–2004 e 2005–2012, os dados foram analisados de acordo com esses períodos e precisão temporal mensal. Para a realização da estatística de varredura, foi utilizado o modelo de probabilidade de Poisson, com forma da janela em elipse; precisão temporal mensal e análise do tipo retrospectiva. Foram realizadas análises em separado para a identificação dos *clusters* de alto e de baixo risco nos dois períodos de análise. Os seguintes parâmetros também foram considerados: tamanho máximo da população em cada *cluster* — 30% da população sob risco — e tamanho máximo do *cluster* — 50 km de raio no eixo menor do *cluster*.

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Por tratar-se de estudos de bases secundárias, com dados disponíveis *on-line*, de livre e irrisrito acesso ao público em geral, em que não há identificação dos sujeitos, o estudo foi isento de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), entretanto os pesquisadores mantiveram todo o cuidado e o respeito às normas éticas vigentes em pesquisa, conforme preconiza a Resolução nº 466 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), de 12 de dezembro de 2012.

RESULTADOS

Na Figura 2, estão expostos os *clusters* espaço-temporais de hospitalização por asma em crianças do Mato Grosso e seus respectivos RR dos dois períodos de análise: 2001–2004 e 2005–2012. Verifica-se que o *cluster* primário de alto risco esteve localizado na mesma região geográfica nos dois períodos, tendo passado de um RR de 8,17 no primeiro período para um de 10,37 no segundo período. É possível também visualizar aumento dos RR e da extensão dos *clusters* na região leste e nordeste de Mato Grosso, assim como no Sudoeste (*cluster* 7 no segundo período). Apenas os *clusters* 4, no norte, e 10, no sul do estado — em 2005-2012, nomeados *clusters* 3 e 8, respectivamente — tiveram diminuição do RR. Tanto no primeiro como no segundo período de análise, o *cluster* primário de baixo risco está localizado na região centro-sul: *cluster* 1, em 2001-2004, e *cluster* 2, em 2005-2012 (Figura 2). Todos os *clusters* representados tiveram significância estatística ($p < 0,01$).

Por meio das análises espaço-temporais, foram identificados, no primeiro período, 8 *clusters* de alto risco e 6 com baixo risco, em que o *cluster* primário apresenta RR de 8,17, ou seja, crianças residentes nessa área tem um risco 8 vezes maior de hospitalização por asma do que aquelas residentes em outras regiões do estado. Entre os *clusters* de baixo risco, o primário está localizado no centro-sul do estado e tem RR de 0,2. Os municípios que o compõem são Cuiabá, Várzea Grande, Jangada, Acorizal, Rosário Oeste e Nossa Senhora do Livramento. Na Tabela 1, estão listados os municípios pertencentes a cada um dos *clusters* do período 2001-2004.

Entre 2001 e 2004, o *cluster* primário de alto risco encontrava-se na região de Barra do Bugres (RR = 7,34) e Porto Estrela (RR = 12,97), enquanto os *clusters* primários de baixo risco encontravam-se na região da capital do estado e adjacências (Jangada, Cuiabá, Várzea Grande, Acorizal, Rosário Oeste e Nossa Senhora do Livramento).

Como se observa na Tabela 2, para o segundo período estudado, houve diminuição dos *clusters* totais 14 para 13, porém aumento de *clusters* de alto risco (8 para 9). No primeiro período, a razão entre *clusters* de alto risco e *clusters* de baixo risco era de 1,33. Já no segundo período, essa razão passa para 2,25. O número de municípios que fazem parte de algum *cluster* de alto risco aumentou de 23, no primeiro período, para 43, no segundo. Já o número de municípios presentes em *cluster* de baixo risco diminuiu de 29 para 20. No segundo período, Barra do Bugres permaneceu como *cluster* primário de alto risco (RR = 10,37), bem como as duas maiores cidades do estado permaneceram nos *clusters* primários de baixo risco (Cuiabá — RR = 0,25; Várzea Grande — RR = 0,44).

Analisando a Tabela 3, em que foram expostos os resultados das varreduras, observou-se que todos os *clusters* apresentaram significância estatística $p < 0,001$. No primeiro período (2001–2004), a maior incidência foi registrada no *cluster* 4, composto dos municípios de Carlinda (RR = 3,74) e Alta Floresta (RR = 25,26), que também teve o maior RR entre todos os *clusters* do período, e foi ativo durante o mês de julho de 2004. Tratou-se, portanto, de um pico de incidência de hospitalizações por asma em Alta Floresta nesse recorte temporal. Foram identificados, também, *clusters* de alto risco com maior tempo de duração, como o *cluster* 2, que persistiu por dois anos (2003 e 2004), composto dos municípios de Barra do Bugres (RR = 7,34) e Porto Estrela (RR = 12,97), assim como o *cluster* 3, que ocorreu no segundo e no terceiro ano do estudo, em que foram registradas mais de 500 internações para uma população de menos de 9 mil crianças.

No segundo período de análise, o *cluster* primário de alto risco é composto por Barra do Bugres, entre 2005 e 2007. Pode-se considerar que essa área permaneceu como alto risco durante cinco anos, juntando-se os dois períodos de análise. Nenhum outro *cluster* de alto risco permaneceu de forma ininterrupta por tanto tempo.

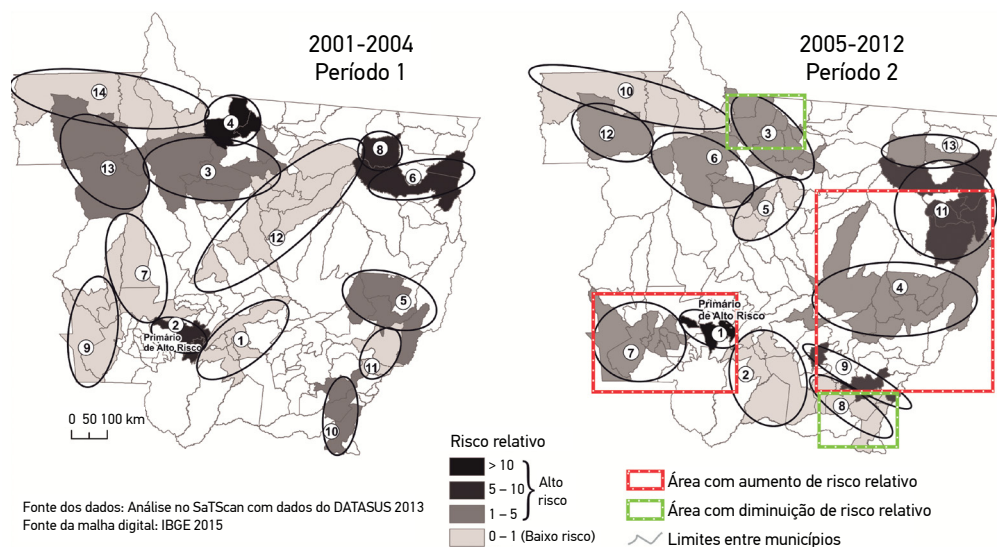


Figura 2. *Clusters* espaço-temporais de hospitalização por asma em crianças no estado de Mato Grosso: períodos 2001–2004 e 2005–2012.

DISCUSSÃO

Embora o número de hospitalizações em todo o estado seja menor no segundo período de análise (2005–2012) em relação aos anos iniciais (2001–2004), houve aumento dos *clusters* de risco de internação por asma no segundo período. Ou seja, o risco de as crianças menores de 5 anos de idade serem internadas por casos de asma é maior em algumas regiões do estado.

O aumento dos RR nas regiões sudoeste, leste e nordeste do estado coincide com a proximidade de áreas de plantação de cana-de-açúcar ou queima intensa de biomassa florestal.

Tabela 1. Municípios mato-grossenses presentes nos *clusters* espaço-temporais de 2001 a 2004 (primeiro período) e seus respectivos riscos relativos de internações por asma em crianças menores de cinco anos.

Período	Cluster	RR	População	Município (RR)	
2001-2004	Clusters de alto risco	2*	8,17	3.736	Barra do Bugres (7,34) e Porto Estrela (12,97)
		3	4,38	8.627	Tabaporã (1,08), Novo Horizonte do Norte (3,02), Porto dos Gaúchos (2,54), Juara (5,65), Colíder (4,56) e Itaúba (3,75)
		4	21,13	6.085	Carlinda (3,74) e Alta Floresta (25,26)
		5	4,04	4.997	Nova Xavantina (4,54), Araguaiana (8,39), Água Boa (2,90) e Campinápolis (3,50)
		6	5,70	1.325	Luciara (6,47) e São Félix do Araguaia (5,48)
		8	6,10	698	São José do Xingú (6,09)
		10	2,95	2.752	Alto Garças (1,68), Alto Araguaia (3,61) e Guiratinga (3,14)
		13	2,14	6.910	Aripuanã (0,98), Juína (2,46) e Castanheira (2,92)
	Clusters de baixo risco	1*	0,20	72.788	Jangada (0,19), Acorizal (0,23), Várzea Grande (0,36), Cuiabá (0,13), Rosário Oeste (0,13) e Nossa Senhora do Livramento (0,11)
		7	0,03	7.955	Sapezal (0,10), Campos de Júlio (0,00) e Tangará da Serra (0,01)
		9	0,10	6.514	Vila Bela da Santíssima Trindade (0,03), Conquista D'Oeste (0,00), Nova Lacerda (0,00) e Pontes e Lacerda (0,14)
		11	0,14	5.406	Barra do Garças (0,15) e Pontal do Araguaia (0,00)
		12	0,48	25.482	Vera (0,39), Sorriso (0,90), Santa Carmem (0,50), Lucas do Rio Verde (0,35), Cláudia (0,67), União do Sul (0,00), Feliz Natal (0,15), Marcelândia (0,42), Sinop (0,43) e São José Rio Claro (0,16)
		14	0,23	4.553	Colniza (0,04), Cotriguaçu (0,58), Nova Monte Verde (0,00) e Nova Bandeirantes (0,25)

RR: risco relativo; *primário.

Fonte: análise no SaTScan com dados do DATASUS¹³.

A tendência de queda nas internações por asma no período do estudo, em Mato Grosso¹⁸, não significou redução do risco de hospitalização.

O município de Barra do Bugres corresponde ao *cluster* primário no primeiro e segundo períodos, além de apresentar aumento no risco relativo no segundo período. Os *clusters*

Tabela 2. Municípios mato-grossenses presentes nos *clusters* espaço-temporais de 2005 a 2012 (segundo período) e seus respectivos riscos relativos de internações por asma em crianças menores de cinco anos.

Período	Cluster	RR	População	Município (RR)	
2005–2012	Clusters de alto risco	1*	10,38	3.250	Barra do Bugres (10,37)
		3	4,06	10.732	Nova Canaã (3,42), Colíder (4,21), Itaúba (5,03), Alta Floresta (3,63), Carlinda (2,19), Nova Santa Helena (1,29), Nova Guarita (0,78) e Paranaíta (8,63)
		4	4,03	8.884	Campinápolis (2,83), Santo Antônio do Leste (1,55), Nova Xavantina (4,92), Água Boa (3,35), Nova Nazaré (10,38), Cocalinho (5,06), Nova Brasilândia (2,60), Paranatinga (4,63) e Novo São Joaquim (1,74)
		6	3,77	4.693	Castanheira (1,02), Juara (4,13), Novo Horizonte do Norte (3,58) e Porto dos Gaúchos (4,61)
		7	2,87	9.178	Pontes e Lacerda (2,58), Vale de São Domingos (1,87), Jauru (1,21), Figueirópolis D'Oeste (1,34), Vila Bela da Santíssima Trindade (0,90), Reserva do Cabaçal (2,73), Indavaí (5,61), Araputanga (5,58) e Rio Branco (9,89)
		9	6,13	1.715	Guiratinga (5,91), Ponte Branca (7,07) e Dom Aquino (6,13)
		11	5,17	2.864	São Félix do Araguaia (4,93), Luciara (9,94), Serra Nova Dourada (0,00), Bom Jesus Araguaia (0,55), Novo Santo Antônio (0,00) e Ribeirão Cascalheira (9,53)
		12	2,38	2.042	Aripuanã (2,38)
		13	2,72	1.684	São José do Xingu (3,32) e Porto Alegre do Norte (2,22)
	Clusters de baixo risco	2*	0,32	70.849	Nossa Senhora do Livramento (0,81), Santo Antônio do Leverger (0,79), Várzea Grande (0,44), Cuiabá (0,25), Barão do Melgaço (0,19) e Jangada (0,05)
		5	0,03	12.432	Ipiranga Norte (0,35), Itanhagá (0,11), Sinop (0,01) e Tapura (0,00)
		8	0,16	18.561	Alto Garças (0,00), Alto Araguaia (0,37), Araguainha (0,00), Pedra Preta (0,05), São José do Povo (0,00) e Rondonópolis (0,16)
		10	0,10	6.309	Colniza (0,17), Cotriguaçu (0,07), Nova Bandeirantes (0,00) e Nova Monte Verde (0,00)

RR: risco relativo; *primário.

Fonte: Análise no SaTScan com dados do DATASUS¹³.

Tabela 3. Características dos *clusters* espaço-temporais de alto e baixo risco de hospitalização por asma em crianças menores de cinco anos em Mato Grosso, 2001 a 2012.

Período	Cluster	Período	População	Casos observados	Casos esperados	Incidência ^a	RR	RV	p-valor ^b
2001-2004	Primário*	01/2003 a 12/2004	72.795	266	1.199,1	179,6	0,2	588,5	0,000
	2 ^s	02/2003 a 12/2004	3.737	459	58,8	6.311,2	8,1	551,8	0,000
	3	12/2001 a 11/2003	8.630	577	138,7	3.366,7	4,3	395,4	0,000
	4	07/2004 a 07/2004	6.085	87	4,1	16.944,4	21,1	182,1	0,000
	5	10/2001 a 09/2003	4.999	319	81,1	3.183,3	4,0	202,1	0,000
	6	02/2003 a 11/2004	1.326	110	19,4	4.570,0	5,7	100,3	0,000
	7	02/2002 a 01/2004	7.958	4	129,3	25,0	0,0	112,3	0,000
	8	01/2001 a 12/2002	699	65	10,7	4.904,2	6,1	62,9	0,000
	9	06/2002 a 04/2004	6.517	10	101,8	79,5	0,1	69,1	0,000
	10	06/2002 a 05/2004	2.752	130	44,5	2.362,1	2,9	54,1	0,000
	11	11/2001 a 09/2003	5.407	12	83,5	116,2	0,1	48,5	0,000
	12	08/2003 a 12/2004	25.490	150	308,5	393,7	0,4	51,8	0,000
	13	02/2001 a 07/2002	6.912	174	82,0	1.717,9	2,1	39,3	0,000
	14	01/2003 a 12/2004	4.556	18	77,4	188,1	0,2	33,4	0,000
2005-2012	Primário [§]	01/2005 a 09/2007	3.250	427	42,9	4.353,9	10,3	604,9	0,000
	2*	02/2005 a 01/2009	68.483	462	1.317,9	153,4	0,3	415,9	0,000
	3	01/2005 a 07/2008	10.732	702	183,5	1.674,3	4,0	438,3	0,000
	4	01/2005 a 05/2008	8.890	505	130,7	1.690,1	4,0	315,7	0,000
	5	11/2008 a 10/2012	12.433	6	207,5	12,7	0,0	182,4	0,000
	6	01/2005 a 12/2008	4.701	333	90,6	1.607,5	3,7	194,0	0,000
	7	04/2005 a 07/2008	9.182	407	145,8	1.221,2	2,8	160,2	0,000
	8	07/2009 a 12/2012	18.565	48	289,1	72,7	0,1	158,1	0,000
	9	02/2009 a 12/2012	1.716	170	28,1	2.643,2	6,1	164,9	0,000
	10	04/2008 a 03/2012	6.324	12	118,5	44,3	0,1	79,7	0,000
	11	01/2005 a 08/2005	2.865	44	8,5	2.253,4	5,1	36,7	0,000
	12	01/2008 a 11/2011	2.042	80	33,7	1.037,3	2,3	22,8	0,000
	13	01/2005 a 09/2007	1.684	63	23,2	1.184,0	2,7	23,0	0,000

RR: risco relativo; RV: razão de verossimilhança; ^acasos por ano/10 mil habitantes; ^bdeterminado por 999 replicações Monte Carlo; *primário de baixo risco; [§]primário de alto risco.
 Fonte: Análise no SaTScan com dados do DATASUS¹³.

primários de alto risco se mantiveram os mesmos no primeiro e segundo períodos, com elevação do risco de 8,17 para 10,37, no segundo período.

No período 2001–2004, o município de Alta Floresta apresentou *clusters* de risco mais de 2 vezes ($RR = 25,26$) àqueles verificados no *cluster* que compõe Barra do Bugres e Porto Estrela ($RR = 8,17$), outros dois municípios com elevados riscos de hospitalização por asma. Freitas et al.¹⁵ afirmam que, no ano de 2004, focos de calor concentrados na área do arco do desmatamento foram acentuados com intensa queima de biomassa, associados principalmente à expansão agropecuária. No presente estudo, verificou-se uma interposição entre os *clusters* de risco para internação por asma com regiões de plantação de cana-de-açúcar no Mato Grosso. Entretanto, também houve aumento do risco de internação na borda leste e nordeste do estado — parte dessa área está incluída no chamado “arco do desmatamento”, mas parte está localizada abaixo dele e acima das regiões de plantação de cana-de-açúcar. Ou seja, possivelmente fatores como a direção dos ventos e a geografia local podem estar dificultando a dispersão dos poluentes, aumentando os riscos de internação por asma em crianças nessas regiões.

Entre 2003–2004 e 2011–2012, a área plantada de cana-de-açúcar em Barra do Bugres passou de 37.817 para 52.958 hectares¹⁹, sem considerar as áreas plantadas no entorno. O município de Barra do Bugres abriga uma das principais usinas de beneficiamento de cana-de-açúcar e a maior área plantada dessa cultura no estado. Juntos, Barra do Bugres e os municípios circunvizinhos representam 63% da área plantada em Mato Grosso²⁰. A atividade de queima de cana-de-açúcar realizada pela usina coloca o município entre as primeiras posições em ocorrência de queimadas no Mato Grosso.

Segundo Magalhães e Werle²¹, as queimadas reduzem os custos do setor canavieiro e aumentam seus lucros, no entanto a sociedade sofre prejuízos causados por essa ação. O material particulado proveniente da queima de biomassa é irritante para o sistema respiratório e tem a presença de compostos químicos sabidamente nocivos à saúde respiratória, ocasionando aumento das exacerbações de asma em crianças²².

Indivíduos com vulnerabilidade social e econômica podem estar mais expostos e sofrer mais com a ação dos poluentes ambientais²³, resultando em taxas mais elevadas de hospitalização em áreas próximas, especialmente se eles não dispõem de serviços adequados de atenção primária. Ignotti et al.²⁴ propuseram uma metodologia utilizando indicadores combinados de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias em menores de 5 anos de idade para identificar municípios prioritários no estado de Mato Grosso para o estudo dos efeitos da poluição do ar à saúde humana. Esses autores identificaram como prioritários os municípios de Alta Floresta, Barra do Bugres, Barra do Garça, Juara e Tangará da Serra.

Respeitadas as diferenças de metodologia entre o estudo de Ignotti et al.²⁴ e o estudo aqui apresentado, bem como a doença, que neste caso não foi analisado o conjunto das doenças respiratórias, mas especificamente a asma, o padrão de distribuição é muito similar, com a vantagem de utilização de evento não fatal, o indicador de morbidade hospitalar. As internações por asma são consideradas indicadores de qualidade da atenção primária e fazem parte da lista de “internações por condições sensíveis à atenção primária”.

Comparada com outros métodos estatísticos espaciais, a estatística *Scan* apresenta vantagens que a torna indicada na localização de aglomerados:

- pode ser ajustada para a densidade populacional;
- pode ser ajustada por variáveis de confusão;
- sua aplicação minimiza viés de pré-seleção, uma vez que procura por aglomerados sem especificar seu tamanho e localização;
- o teste estatístico de razão de verossimilhança leva em conta testagens múltiplas, informando um único valor de p ao testar a hipótese nula¹⁰.

Uma desvantagem que existia em versões anteriores do *software* SaTScan consistia no fato de que os aglomerados eram sempre definidos como círculos, o que seria um problema, pois podem existir *clusters* de áreas contíguas com formato estreito e alongado no sentido latitudinal ou longitudinal. Em versões recentes, essa situação foi corrigida²⁵.

Entende-se que os estudos sobre a variabilidade espaço-temporal do risco têm papel importante para o diagnóstico e o reconhecimento de padrões de distribuição da ocorrência de internação de crianças por asma no estado de Mato Grosso, sendo uma etapa importante na compreensão dos fatores determinantes do processo saúde-doença e introduzindo o espaço como um fator multidimensional, possibilitando uma visão do risco coletivo. Por meio da análise espaço-temporal, foi possível identificar como áreas prioritárias para atenção e intervenção às crianças com asma a região do entorno de Barra do Bugres, que se manteve nos dois períodos com *clusters* primários de alto risco, e a borda sudoeste do estado, que apresentou aumento do risco. Em termos de políticas públicas, torna-se necessário investir na mecanização da lavoura, em políticas de combate ao fogo e sistemas de vigilância, em promoção da saúde e medidas protetoras para as pessoas em geral.

Como limitações deste estudo, deve-se ressaltar o uso de bases de dados secundárias das internações hospitalares, nas quais pode ocorrer sub-registro. Além disso, trata-se de um estudo ecológico, não possibilitando extrapolações para o nível do indivíduo, pois incorrer-se-ia em falácia ecológica.

É conveniente analisar em futuros estudos tanto a relação dose-resposta da poluição advinda da queima de biomassa (cana-de-açúcar ou da floresta) sobre o sistema respiratório quanto a qualidade da atenção primária nessas localidades.

CONCLUSÃO

Com o uso da técnica de varredura espaço-temporal foi possível identificar áreas de alto e baixo risco de hospitalização de crianças por asma no estado de Mato Grosso, entre os anos de 2001 a 2012. A técnica foi capaz também de identificar *cluster* de alto risco que se manteve pelos dois períodos, além de apontar aumento de 87% do número de municípios de alto risco e diminuição em 28% dos municípios de proteção, o que torna imperativo a necessidade de maior atenção do serviço de saúde nas regiões sudoeste do estado, no entorno de

Barra do Bugres e Porto Estrela, bem como nas bordas nordeste e leste do estado, nas quais ocorreu aumento do risco de internação de crianças por asma.

Este artigo faz parte da Dissertação de Mestrado de Elaine Cardoso de Oliveira Souza, Programa de Mestrado em Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso.

REFERÊNCIAS

1. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention: Online Appendix 2018 [Internet]. Global Initiative for Asthma; 2018 [acessado em 5 abr. 2017]. Disponível em: <http://ginasthma.org/2017-online-appendix-global-strategy-for-asthma-management-and-prevention/>
2. Alfradique MA, Bonolo PF, Dourado I, Lima-Costa MF, Macinko J, Mendonça CS, et al. Internações por condições sensíveis à atenção primária: a construção da lista brasileira como ferramenta para medir o desempenho do sistema de saúde (Projeto ICSAP – Brasil). *Cad Saúde Pública* 2009; 25(6): 1337-49. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009000600016>
3. Hino P, Villa TCS, Sassaki CM, Nogueira JÁ, Santos CB. Geoprocessamento aplicado à área da saúde. *Rev Latino-am Enferm* [Internet] 2006 [acessado em 10 out. 2017]; 14(6): 939-43. Disponível em: www.eerp.usp.br/rlae <https://doi.org/10.1590/S0104-11692006000600016>
4. Silva PR, Rosa AM, Hacon SS, Ignotti E. Hospitalization of children for asthma in the Brazilian Amazon: trend and spatial distribution. *J Pediatr (Rio J)* 2009; 85(6): 541-6. <https://doi.org/doi:10.2223/JPED.1952>
5. Rodrigues PCO, Ignotti E, Rosa AM, Hacon SS. Distribuição espacial das internações por asma em idosos na Amazônia Brasileira. *Rev Bras Epidemiol* 2010; 13(3): 523-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2010000300015>
6. Lu H, Qiu F, Cheng Y. Temporal and Spatial Relationship of Ozone and Asthma. In: ESRI, editor. *Esri International User Conference*. San Diego; 2003. p. 14.
7. Sahsuvaroglu T, Jerrett M, Sears MR, McConnell R, Finkelstein N, Arain A, et al. Spatial analysis of air pollution and childhood asthma in Hamilton, Canada: comparing exposure methods in sensitive subgroups. *Environ Health* 2009; 8: 14. <https://dx.doi.org/10.1186%2F1476-069X-8-14>
8. Gupta RS, Zhang X, Sharp LK, Shannon JJ, Weiss KB. Geographic variability in childhood asthma prevalence in Chicago. *J Allergy Clin Immunol* 2008; 121(3): 639-645.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.11.036>
9. Tsai P-J, Lin M-L, Chu C-M, Perng C-H. Spatial autocorrelation analysis of health care hotspots in Taiwan in 2006. *BMC Public Health* 2009; 9(1): 464. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-464>
10. Kulldorff M. A spatial scan statistic. *Commun Stat* [Internet] 1997 [acessado em 5 out. 2017]; 26(6): 1481-96. Disponível em: <http://www.satscan.us/papers/k-cstm1997.pdf> <https://doi.org/10.1080/03610929708831995>
11. Corburn J, Osleeb J, Porter M. Urban asthma and the neighbourhood environment in New York City. *Health Place* 2006; 12(2): 167-79. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2004.11.002>
12. Lee H, Kim GS. Geographical and sociodemographic risk factors for allergic diseases in Korean children. *Asian Nurs Res* 2011; 5(1): 1-10. [https://doi.org/10.1016/S1976-1317\(11\)60008-X](https://doi.org/10.1016/S1976-1317(11)60008-X)
13. Brasil. Ministério da Saúde. Datasus. Informações de Saúde. Demográficas e Socioeconômicas [Internet]. 2016 [acessado em 10 out. 2017]. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br>
14. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2017 [Internet]. 2017 [acessado em 10 out. 2017]. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/estimativa_dou_2017.pdf
15. Freitas SR, Longo KM, Dias MAF, Dias PL. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estud Av* 2005; 19(53): 167-85. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142005000100011>
16. SaTScan™. Software for the spatial, temporal and space-time scan statistics. SaTScan v9.4.4 [Internet]. 2016 [acessado em 5 out. 2017]. Disponível em: <https://www.satscan.org/>
17. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: Detection and inference. *Stat Med*. 1995; 14(8): 799-810.
18. Souza EC de O. Distribuição espacial da hospitalização de crianças com asma em Mato Grosso [dissertação]. Cuiabá: Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal de Mato Grosso; 2013.

19. Canasat. Monitoramento da cana-de-açúcar [Internet]. [acessado em 5 abr. 2017]. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>
20. Sindicato das Indústrias Sucroalcooleiras do Estado de Mato Grosso. Setor sucroenergético [Internet]. [acessado em 5 abr. 2017]. Disponível em: http://www.sindalcoool-mt.com.br/setor.php?texto=casasindalcoool_setor_3setor_mt%3E
21. Magalhães LZ de, Werle HS. Problemas Ambientais de uma Cidade Média de Mato Grosso: O Caso de Barra do Bugres. *Planej Políticas Públicas* [Internet]. 2009 [acessado em 5 abr. 2017]; 33: 79-101. Disponível em: <https://desafios.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/154>
22. Jacquemin B, Sunyer J. Asthma and air pollution: where are we? *BRN Rev* 2015; 1(2): 78-91. <http://doi.org/10.23866/BRNRev:2015-M0008>
23. Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud; 2005.
24. Ignotti E, Hacon SS, Silva AMC, Junger WL, Castro HA. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. *Rev Bras Epidemiol* 2007; 10(4): 453-64. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2007000400003>
25. Iyengar VS. Space-time clusters with flexible shapes. *MMWR* 2005; 54: 71-6.

Recebido em: 19/04/2017

Versão final apresentada em: 12/01/2018

Aprovado em: 21/03/2018

Contribuição dos autores: Elaine Cardoso de Oliveira Souza – Planejamento, coleta de dados, análise e discussão. Emerson Soares dos Santos – Análise dos dados e discussão (Co-orientador). Antonia Maria Rosa – Análise dos dados e discussão. Clóvis Botelho – Planejamento, análise dos dados e discussão (Orientador).

