

Modelagem geoestatística da infecção por *Ascaris lumbricoides*

Geostatistical modeling of *Ascaris lumbricoides* infection

Bruno de Paula Menezes Drumond Fortes ¹
Luis Iván Ortiz Valencia ¹
Simone do Vale Ribeiro ¹
Roberto de Andrade Medronho ¹

Abstract

*The following study intends to model the spatial distribution of ascariasis, through the use of geoprocessing and geostatistic analysis. The database used in the study was taken from the PAISQUA project, including a coproparasitologic and domiciliary survey, conducted in 19 selected census tracts of Rio de Janeiro State, Brazil, randomly selecting a group of 1,550 children aged 1 to 9 years old plotting them in their respective domicile's centroids. Risk maps of *Ascaris lumbricoides* were generated by indicator kriging. The estimated and observed values from the cross-validation were compared using a ROC curve. An isotropic spherical semivariogram model with a range of 30m and nugget effect of 50% was employed in ordinary indicator kriging to create a map of probability of *A. lumbricoides* infection. The area under the ROC curve indicated a significant global accuracy. The occurrence of disease could be estimated in the study area, and a risk map was elaborated through the use ordinary kriging. The spatial statistics analysis has proven itself adequate for predicting the occurrence of ascariasis, unrestricted to the regions political boundaries.*

Ascariasis; Ascaris lumbricoides; Residence Characteristics; Risk Factors

Introdução

A infecção por *Ascaris lumbricoides* é um importante problema de saúde pública, especialmente nos países em desenvolvimento. Estima-se que 1,5 bilhão de pessoas (um quarto da população mundial) estejam infectadas por este nematódeo ¹, chegando a uma prevalência de 73% no Sudeste Asiático e cerca de 8% nas Américas Central e do Sul. Mesmo nos Estados Unidos, há quatro milhões de pessoas infectadas, localizadas sobretudo em comunidades de imigrantes vindos de países em desenvolvimento ². No Brasil, diversos estudos realizados em pré-escolares e escolares também mostraram elevada prevalência dessa parasitose intestinal ^{3,4,5}.

A epidemiologia da ascariase, assim como das demais geohelmintoses, é uma interdependência de fatores humanos (sócio-econômicos e culturais), ambientais (temperatura, umidade, tipo de solo etc.) e fatores ligados à biologia do helminto. Os fatores ambientais são dependentes dos fatores humanos, ou seja, só há prevalência importante de doença onde as ações de saneamento básico são precárias. Quanto aos fatores biológicos, os mais importantes são: as fêmeas botam milhares de ovos diariamente, os ovos permanecem infectantes no solo por até um ano e podem ser transportados na água ou poeira, além de contaminar alimentos ⁶. Haswell-Elkins et al. ⁷ afirmam, entretanto,

¹ Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Correspondência
Roberto de Andrade Medronho
Praça da Cidade
Universitária, Av. Brigadeiro
Trompowski s/n,
Rio de Janeiro, RJ
21949-900, Brasil.
medronho@nesc.ufrj.br

que os fatores sócio-ambientais são mais importantes na alta prevalência da doença. Dentre eles, destacam-se: área geográfica estudada, tipo de comunidade (aberta ou fechada), nível sócio-econômico, acessibilidade a bens e serviços, estado nutricional, idade, número de pessoas morando no mesmo domicílio, densidade por cômodo, nível de instrução materno, presença de menores de cinco anos no domicílio, não lavar as mãos após defecar^{1,8,9}.

Para que o controle do patógeno seja eficiente, é necessário que áreas de risco sejam identificadas para sua ocorrência. O presente trabalho teve como objetivo estimar um mapa de risco para a ocorrência de infecção pelo *A. lumbricoides*, utilizando técnicas de geoprocessamento e geoestatística. A utilização destes métodos no estudo de enteroparasitoses é recente, não havendo ainda, na literatura, um consenso sobre sua contribuição nesta área.

Métodos

No período de julho a dezembro de 1997, o Projeto de Avaliação dos Impactos do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara sobre a Saúde e Qualidade de Vida (PAISQUA), mediante um estudo seccional, aplicou um inquérito copro-parasitológico para a identificação de *A. lumbricoides* e um inquérito domiciliar para a avaliação de condições sócio-econômicas e sanitárias. A amostra foi selecionada entre os participantes de um inquérito para estimar a soroprevalência da hepatite A¹⁰, realizado concomitantemente. O exame copro-parasitológico foi efetuado após esclarecimento à população dos objetivos do trabalho e assinatura de um termo de consentimento. Uma amostra de 1.550 crianças de um a nove anos foi usada neste trabalho. O desenho da amostra está descrito em Luiz¹¹. Ressalta-se que o objetivo principal do PAISQUA era avaliar o impacto das obras de saneamento básico na ocorrência de determinadas doenças de veiculação hídrica em uma região do Município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro.

A amostragem foi realizada em dezenove setores censitários da região denominada "Parque Fluminense", que abrange uma parte do segundo distrito do Município de Duque de Caxias (Campos Elyseos). Esta é uma região densamente povoada, com elevado grau de poluição orgânica e industrial, composta por 43 setores censitários, que reunia, em 1991, uma população de 61.410 pessoas¹² vivendo em condições sanitárias bastante precárias.

Para este estudo, foi utilizado o banco de dados contendo todas as informações do inquéri-

to copro-parasitológico e domiciliar pertencentes ao PAISQUA. Essas informações são mostradas em maiores detalhes em Costa et al.⁸ e Almeida et al.¹⁰.

A digitalização da área de estudo foi realizada pela restituição aerofotogramétrica, resultando em um mapa na escala de 1:2.000. Cada amostra foi georreferenciada no centróide de seu respectivo domicílio^{13,14}. O sistema de informação geográfica utilizado foi o ArcView 3.0a. A análise estatística incluiu o teste qui-quadrado de Pearson e a razão de chances (OR) e os respectivos intervalos de confiança de 95%. O banco foi analisado com o uso dos programas Epi Info 6.0 e S-Plus 2000.

A análise geoestatística é uma técnica usada para a espacialização de variáveis que apresentam padrão espacial, como é o caso de doenças que são influenciadas por fatores ambientais e geográficos. O padrão espacial destas é muito complexo, porém a quantificação do risco de infecção, em termos de probabilidades, apresenta uma aproximação da realidade, em locais não amostrados.

Considerou-se a variável indicadora com valores 1 e 0, para os casos positivos e negativos de ascariase, respectivamente. Considerou-se o modelo espacial definido por uma variável aleatória de Bernoulli em cada posição espacial s , onde parâmetro $p = p(s)$ representa a probabilidade de existir um caso positivo na posição s .

Foram construídos semivariogramas empíricos direcionais para os dados indicadores da infecção por *A. lumbricoides* para testar presença de anisotropia. Um modelo esférico omnidirecional foi ajustado ao semivariograma empírico. A *krigagem* ordinária indicadora estimou a probabilidade de ocorrência de um caso positivo num local não amostrado. A validação cruzada possibilitou reestimar os valores dos dados espaciais condicionados a um plano de *krigagem* (modelo de semivariograma e tipo de *krigagem*)¹⁵. Os cálculos geoestatísticos foram obtidos usando a biblioteca de programas do GSLIB 2.0¹⁵.

Os valores reestimados pela validação cruzada foram comparados com o valor observado naquele mesmo ponto, por intermédio da construção de uma curva ROC – *Receiver Operating Characteristics*¹⁶ – a fim de avaliar a acurácia global do procedimento de *krigagem*. Esta curva é construída colocando-se os valores da sensibilidade do método no eixo das ordenadas, e o complemento da especificidade, $1 - \text{especificidade}$, no eixo das abscissas. Testou-se se a área sob a curva ROC era significativamente maior que a hipótese nula (área = 0,5), no ní-

vel de confiança de 95%, com um teste não paramétrico. Quanto mais próxima de 1,0 e mais distante de 0,5 for a área da curva, maior será a acurácia do procedimento.

Resultados

A prevalência de *A. lumbricoides* na amostra foi de 32%. A Tabela 1 apresenta as diferenças de proporções entre os grupos positivos e negativos para a presença do endoparasito, entre as variáveis com significância estatística. Ressalta-se que os indivíduos residentes em domicílios que possuíam mais de um morador por cômodo, coleta de lixo irregular, baixo nível de escolaridade da dona de casa, baixa renda familiar e não utilizavam filtro apresentaram maior chance de ocorrência de *A. lumbricoides*.

A Figura 1a mostra a localização dos indivíduos positivos e negativos no centróide de seus domicílios. Nota-se, grosso modo, a ocorrência de alguns aglomerados de casos positivos, notadamente nos setores 92, 101 e 128. A Figura 1b representa o mapa da região de estudo com as prevalências de ascaríase por setor. As maiores prevalências estão localizadas nos setores censitários 92, 101 e 128.

Foi ajustado um modelo de semivariograma esférico isotrópico, vale dizer, não se observou uma direção preferencial da distribuição dos casos de ascaríase. Definiu-se um alcance prático de trinta metros, com efeito pepita relativo de 50% (Figura 2). Utilizando a *krigagem* ordinária indicadora, com raio de busca de sessenta metros, foi estimada uma malha regular de interpolação, com células de 10m de lado. Foi possível construir um mapa que expressa, em termos de probabilidades, áreas com maior ou menor risco para infecção de *A. lumbricoides* (Figura 3a), sendo possível observar mi-

croáreas com elevada probabilidade de infecção, distribuídas em diferentes setores censitários. Foram realizadas ainda comparações visuais deste mapa com a distribuição espacial das outras variáveis (não uso de filtro, renda familiar, nível de instrução da dona de casa, moradores por cômodo), além da distribuição espacial da carga parasitária. A distribuição espacial do nível de instrução da dona de casa pode ser verificada na Figura 3b. Por impossibilidades técnicas, as figuras com as distribuições das outras variáveis não foram incluídas no artigo, mas o que foi encontrado é relatado na discussão.

Os valores reestimados pela validação cruzada foram comparados aos valores observados, por meio da construção da curva ROC (Figura 4). A área sob a curva ROC foi de 0,67 com intervalo de confiança de 95% (0,64-0,70). Desta forma a hipótese nula, H_0 : área = 0,5, não foi aceita.

Discussão

A utilização da *krigagem* indicadora permitiu estimar áreas de risco com base na utilização de uma variável categórica (presença ou não de infecção). Estudos anteriores, todavia, utilizavam a contagem de ovos nas fezes, que é uma variável contínua, embora o número de casos negativos seja elevado (valores iguais a zero), tornando uma distribuição muito assimétrica¹⁷. A Organização Mundial da Saúde entende que esta contagem é a forma precisa de estimar a carga parasitária, a saber, o número de vermes presentes no tubo digestivo. Recentemente, o valor desta estimativa vem sendo questionado¹⁸, uma vez que as taxas de fecundidade das fêmeas variam entre as localidades e o grau de diluição das fezes influi na contagem de

Tabela 1

Tabela das principais variáveis envolvidas de forma estatisticamente significativa na ocorrência de ascaríase, com suas respectivas proporções entre indivíduos infectados e não infectados.

Variável	Indivíduos com ascaríase (%)	Indivíduos sem ascaríase (%)	p valor ¹	Odds ratio (IC95%)
Mais de uma pessoa por cômodo	60,2	39,3	< 0,001	2,33 (1,87-2,90)
Coleta irregular do lixo	26,8	20,4	0,005	1,43 (1,11-1,83)
Dona de casa com menos de 4 anos de estudo	45,8	33,3	< 0,001	1,69 (1,36-2,10)
Renda familiar abaixo de 1 salário mínimo	83,9	68,5	< 0,001	2,40 (1,81-3,18)
Não uso de filtro	58,0	38,7	< 0,001	2,18 (1,76-2,71)

¹ p valor associado ao teste qui-quadrado de Pearson no nível de significância 5%.

Figura 1

Mapa da área de estudo.

Figura 1a

Mapa com a localização dos indivíduos no centróide de seus domicílios, separados como casos positivos e negativos de ascariase. Também apresenta a localização das valas negras.

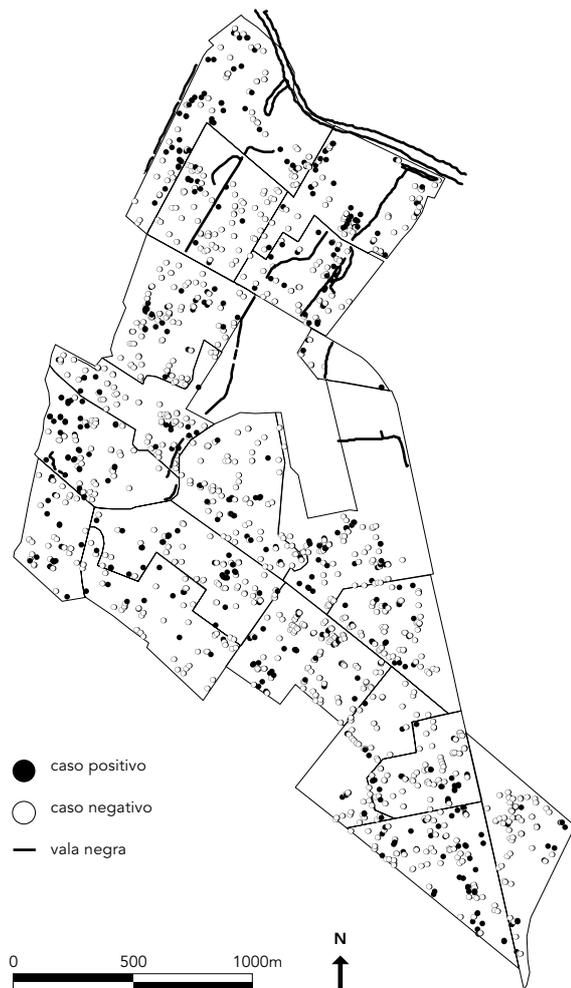


Figura 1b

Mapa da área de estudo, com a prevalência de ascariase por setor censitário.

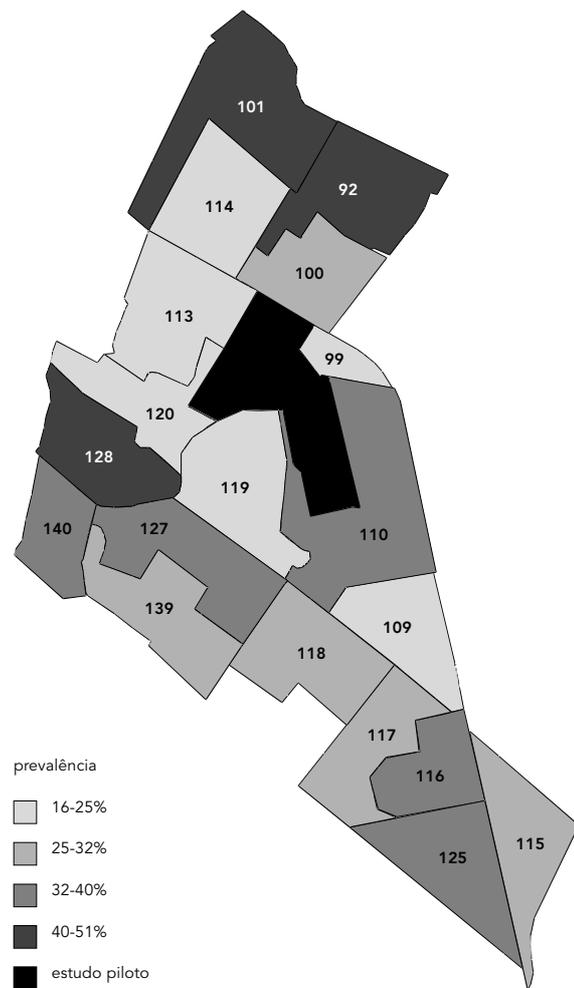
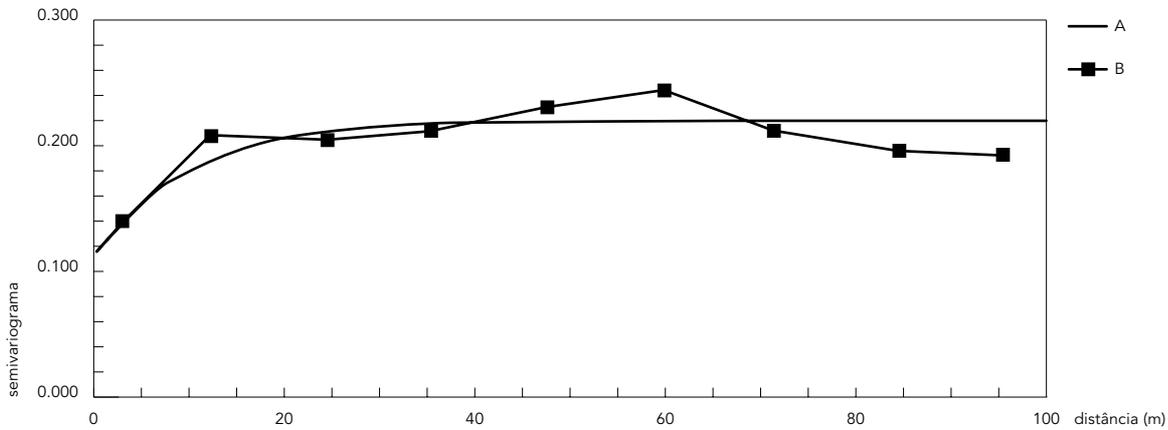


Figura 2

Modelo ajustado do variograma (A) e variograma dos casos estudados (B).



ovos, além de ser preciso assumir que o indivíduo esteja infectado por uma proporção idêntica de machos e fêmeas, fato que nem sempre ocorre. Além disso, a contagem de ovos apresenta falso-negativo em casos de infecção unissexual por vermes machos. Como nosso estudo visa estimar relações de ocorrência de doença, e não a distribuição de ovos, aliado ao que foi exposto acima, preferiu-se utilizar a variável presença ou de não-infecção. Mesmo assim, é preciso levar em conta a baixa sensibilidade dos métodos diagnósticos disponíveis e utilizados, que tendem a subestimar o verdadeiro impacto da infecção.

Desta forma, verifica-se que as áreas de mais alto risco (probabilidade maior que 0,75) representam apenas pequenas partes dos setores em questão. A análise da curva ROC (Figura 4) mostra uma área sob a curva de 0,67. Isto significa que o método utilizado apresentou uma acurácia global de 67% na predição do fenômeno, um valor estatisticamente significativo, que descartou a hipótese nula.

Ao se comparar, visualmente, o mapa com a modelagem da distribuição espacial de ascaríase com a espacialização das outras variáveis, os mapas que mais se assemelham à distribuição do risco de ascaríase são aqueles contendo o baixo nível de instrução da dona de casa e a alta densidade de moradores por cômodo, pois tanto a baixa renda familiar quanto o não uso de filtro possuem distribuição bem mais ampla que a ocorrência de doença. Isto sugere que os fatores decisivos na ocorrência de doença se-

jam a mãe de família, que é capaz de transmitir a seus filhos boas noções de higiene e saúde ambiental, ainda que estejam em condições sócio-econômicas adversas; além da alta concentração de pessoas dormindo no mesmo cômodo.

A influência do peridomicílio na produção e manutenção da ascaríase é indicada ao se detectar uma continuidade espacial de aproximadamente 30m, conforme mostrado também quando da comparação entre os grupos de positivos e de negativos para *A. lumbricoides*. O alcance de 30m representa, nesta comunidade, o espaço ocupado por aproximadamente quatro casas. Este achado sugere que a disseminação da doença se dá entre crianças vizinhas, que brincam juntas e/ou nos mesmos locais.

O uso das técnicas de análise estatística espacial permitiu a identificação mais precisa de microáreas de risco, independentemente dos limites dos setores censitários; portanto, não restrita a delimitações político-administrativas da região. Segundo Howard et al. 19, apesar de as delimitações políticas formarem uma divisão geográfica conveniente, elas podem não coincidir com os determinantes ambientais da distribuição de doença, o que corrobora a importância de nosso estudo.

As áreas identificadas como de alto risco têm, conseqüentemente, maior potencial de contaminação do ambiente. Essa situação leva não apenas a um maior número de indivíduos infectados, mas também à manutenção do processo de regulação natural do parasito 20, caso

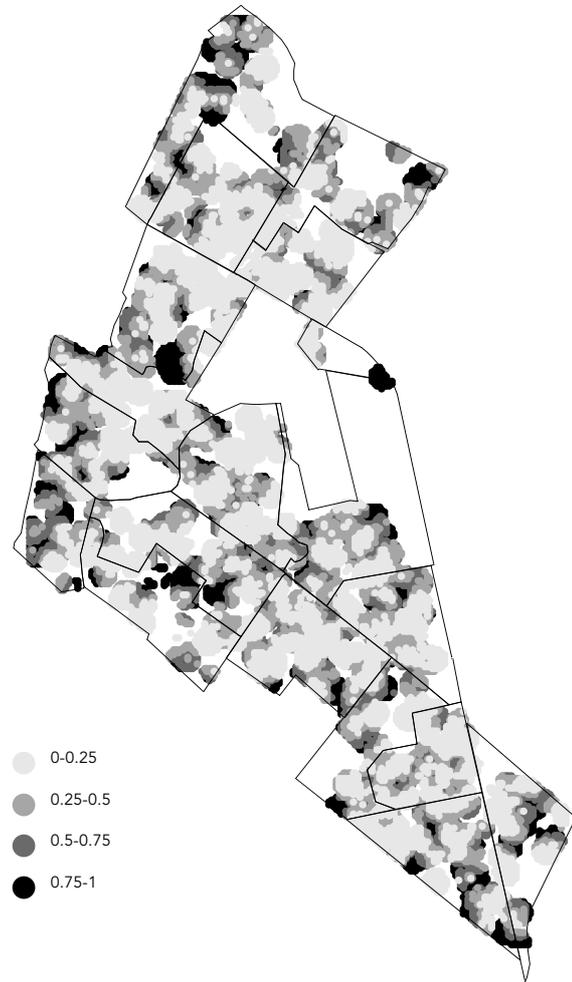
Figura 3a

Modelagem da distribuição espacial de ascariase, representando áreas de maior probabilidade de ocorrência de doença, construída a partir dos valores da krigagem. Quanto mais escura a área, maior o risco de doença.



Figura 3b

Distribuição espacial do nível de instrução da dona de casa. Quanto mais escura a área, menor o nível de instrução.

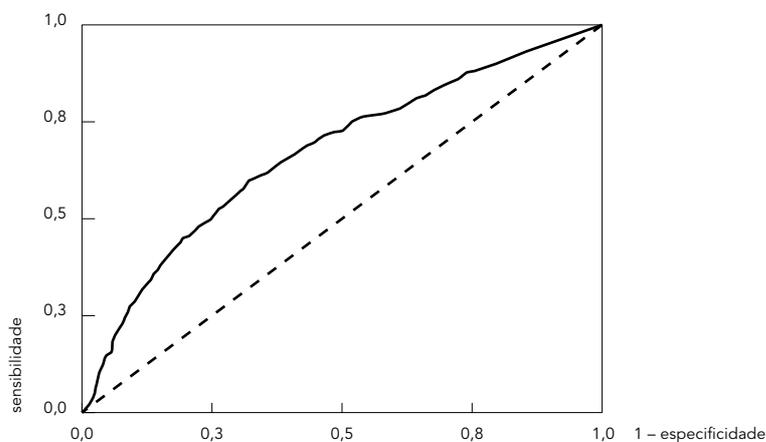


não haja intervenção. A identificação exata de áreas de risco poderia assegurar uma maior eficiência em ações de controle do parasito, otimizando recursos.

O próximo objetivo desta linha de estudo será incluir as co-variáveis (uso de filtro, coleta de lixo etc.) no estudo espacial, produzindo mapas de risco ajustados em relação a estas variáveis e à ocorrência de doença. O método geostatístico utilizado para tanto é conhecido como *co-krigagem*, e será tema de futuros trabalhos.

Figura 4

Curva ROC, comparando os valores estimados na validação cruzada com aqueles observados no mesmo ponto.



Resumo

O estudo tem por objetivo modelar a distribuição espacial da ocorrência de ascaríase, utilizando mapas de risco mediante técnicas de geoprocessamento e análise geoestatística. Com base no banco de dados do PAISQUA, foram selecionados 19 setores censitários do Rio de Janeiro. Foram amostradas e georreferenciadas, no centróide de seu respectivo domicílio, 1.550 crianças com idade de 1 a 9 anos. Mapas de risco de Ascaris lumbricoides foram gerados usando krigagem indicadora. Com base na validação cruzada, os valores estimados foram comparados aos observados por intermédio da curva ROC. Um modelo de semivariograma isotrópico esférico com alcance de 30m e efeito pepita de 50% foi empregado na krigagem ordinária indicadora para a construção de um mapa de probabilidade de infecção por A. lumbricoides. A acurácia global, mensurada por meio da área sob a curva ROC, mostrou-se significativa. O uso da krigagem ordinária indicadora permitiu a modelagem de mapas de risco valendo-se da amostra de uma variável indicadora. O emprego das técnicas de análise estatística espacial mostrou-se adequado na predição da ocorrência do fenômeno, não ficando restrita a delimitações político-administrativas da região.

Ascaríase; Ascaris lumbricoides; Distribuição Espacial; Fatores de Risco

Colaboradores

B. P. M. D. Fortes contribuiu na pesquisa bibliográfica, na análise dos dados, na redação do texto e nas conclusões. L. I. O. Valencia contribuiu na modelagem estatística dos dados, nos resultados e nas conclusões. S. V. Ribeiro contribuiu na pesquisa bibliográfica, na introdução e na redação do texto. R. A. Medronho contribuiu na análise dos dados, nos resultados, nas conclusões e na revisão final do texto.

Referências

1. Nishiura H, Imai H, Nakao H, Tsukino H, Changuazi MA, Hussain GA, et al. *Ascaris lumbricoides* among children in rural communities in the Northern Area, Pakistan: prevalence, intensity, and associated socio-cultural and behavioral risk factors. *Acta Trop* 2002; 83:223-31.
2. Valentine CC, Hoffner RJ, Henderson SO. Three common presentations of ascariasis infection in an urban emergency department. *J Emerg Med* 2001; 20:135-9.
3. Costa-Macedo LM, Machado-Silva JR, Rodrigues-Silva R, Oliveira LM, Vianna MSR. Enteroparasitoses em pré-escolares de comunidades favelizadas da Cidade do Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública* 1998; 14:851-5.
4. Costa-Macedo LM, Costa MCE, Almeida LM. Parasitismo pelo *Ascaris lumbricoides* em crianças menores de dois anos em comunidade aberta do Rio de Janeiro. *Cad Saúde Pública* 1999; 15:173-8.
5. Monteiro CA, Chieffi PP, Benício MHA, Dias RMS, Torres DMAGV, Mangini ACS. Estudo das condições de saúde das crianças do Município de São Paulo (Brasil), 1984/1985. VII. Parasitoses intestinais. *Rev Saúde Pública* 1988; 22:8-15.
6. Neves DP. *Parasitologia dinâmica*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu; 2003.
7. Haswell-Elkins M, Elkins D, Anderson RM. The influence of individual, social group and household factors on the distribution of *Ascaris lumbricoides* within a community and implications for control strategies. *Parasitology* 1988; 98:125-34.
8. Costa MCE, Costa-Macedo LM, Almeida LM, Coeli CM, Coletty PE, Tavares DA, et al. Prevalência de enteroparasitoses em comunidade sob intervenção ambiental do Programa de Despoluição da Baía da Guanabara. *Cad Saúde Coletiva* 1998; 6 (Suppl 1):49-60.
9. Tshikuka JG, Scott ME, Gray-Donald K. *Ascaris lumbricoides* infection and environmental risk factors in an urban African setting. *Ann Trop Med Parasitol* 1995; 89:505-14.
10. Almeida LM, Costa MCE, Raggio-Luiz R, Coletty PE, Azevedo RS, Machado VA, et al. Soroprevalência de hepatite A no Município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Coletiva* 1998; 6 (Suppl 1):39-48.
11. Luiz RR. O efeito do acesso à água no domicílio sobre a ocorrência de hepatite A: considerações estatístico-epidemiológicas a partir de um estudo seccional (Rio de Janeiro) 2002 [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2002.
12. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico brasileiro de 1991. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 1991.
13. Burrough PA. Principles of geographical information systems for land resources assessment. New York: Oxford University Press; 1990.
14. Medronho RA. Geoprocessamento e saúde: uma nova abordagem do espaço no processo saúde-doença. Rio de Janeiro: Núcleo de Estudos de Ciência e Tecnologia, Fundação Oswaldo Cruz; 1995.
15. Deutsch CV, Journel AG. *GSLIB: geostatistical software library and user's guide*. 2nd Ed. New York: Oxford University Press; 1998.
16. Medronho RA, Perez MA. Testes diagnósticos. Medronho RA, Carvalho DM, Block KV, Luiz RR, Werneck GL, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Atheneu; 2002. p. 259-70.
17. Campos MR, Valencia LI, Fortes BD, Braga RC, Medronho RA. Distribuição espacial da infecção por *Ascaris lumbricoides*. *Rev Saúde Pública* 2002; 36:69-74.
18. Hall A, Holland C. Geographical variation in *Ascaris lumbricoides* fecundity and its implications for helminth control. *Parasitol Today* 2000; 16: 540-4.
19. Howard SC, Donnelly CA, Kabatereine NB, Ratard RC, Brooker S. Spatial and intensity dependent variations in associations between multiple species helminth infections. *Acta Trop* 2002; 83:141-9.
20. Storer TI, Usinger RL. *Zoologia geral*. São Paulo: Editora Nacional; 1989.

Recebido em 05/Dez/2002

Versão final reapresentada em 11/Set/2003

Aprovado em 23/Out/2003