

Paula A Opromolla^I

Ivete Dalben^{II}

Márcio Cardim^{III}

Análise geoestatística de casos de hanseníase no Estado de São Paulo, 1991-2002

Geostatistical analysis of leprosy cases in the State of São Paulo, 1991-2002

RESUMO

OBJETIVO: Analisar o padrão espacial da ocorrência dos casos de hanseníase para identificar áreas com probabilidade de riscos de transmissão da doença.

MÉTODOS: Estudo ecológico, tendo como unidade de análise os municípios do Estado de São Paulo georreferenciados em seus centróides. A fonte de dados utilizada foi o banco informatizado dos casos de hanseníase notificados do Centro de Vigilância Epidemiológica do Estado de São Paulo, no período de 1991 a 2002. Utilizou-se de técnicas de geoestatística para a detecção das áreas de probabilidade de risco para hanseníase e quantificação da dependência espacial dos casos.

RESULTADOS: Detectou-se o alcance de dependência espacial de 0,55 graus de coordenadas georreferenciadas, correspondendo aproximadamente a 60 km. As principais áreas de probabilidade de risco encontradas foram as regiões nordeste, norte e noroeste do Estado.

CONCLUSÕES: A verificação de áreas com probabilidades de riscos de casos de hanseníase, utilizando-se a análise da dependência espacial, pode ser ferramenta útil para avaliar a situação de saúde e planejar alocação de recursos.

DESCRITORES: Hanseníase, epidemiologia. Distribuição espacial. Sistemas de informação geográfica. Estudos ecológicos.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To analyze the spatial pattern of leprosy case occurrences in order to identify areas with a probability of disease transmission risks.

METHODS: This was an ecological study in which the analysis units were municipalities in the State of São Paulo that were georeferenced at their centroids. The data source was the electronic database of notified leprosy cases at the Epidemiological Surveillance Center of the State of São Paulo, from 1991 to 2001. Geostatistical techniques were used for detecting areas with a probability of leprosy risk, and for quantifying the spatial dependency of cases.

RESULTS: The spatial dependence detected extended outwards to 0.55 degrees from the georeferenced coordinates, which corresponded to approximately 60 km. The main areas identified as presenting a probability of risk were the northeastern, northern and northwestern regions of the State.

CONCLUSIONS: Verification of areas with the probability of leprosy risk using

^I Coordenadoria de Controle de Doenças. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil

^{II} Departamento de Saúde Pública. Faculdade de Medicina de Botucatu. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Botucatu, SP, Brasil

^{III} Departamento de Matemática, Estatística e Computação. Faculdade de Ciências e Tecnologia. UNESP. Presidente Prudente, SP, Brasil

Correspondência | Correspondence:
Paula A. Opromolla
Coordenadoria de Controle de Doenças - CCD
Av. Dr. Arnaldo, 351 1º andar sala 133
01246-902 São Paulo, SP, Brasil
E-mail: opromolla@saude.sp.gov.br

Recebido: 2/6/2005 Revisado: 11/1/2006
Aprovado: 23/4/2006

spatial dependence analysis may be a useful tool for assessing health conditions and planning budget allocations.

KEYWORDS: Leprosy, epidemiology. Residence characteristics. Geographic information systems. Ecological studies.

INTRODUÇÃO

Até a década de 1980, os dados disponíveis na literatura nacional sobre a prevalência da hanseníase não representavam a real situação da endemia, porque nem a procura e nem o relato de casos atingiam um nível desejado.¹⁰

A introdução da poliquimioterapia (PQT) a partir de 1981,¹⁴ o efetivo tratamento e a cura dos pacientes restringiram as condições que favoreciam a transmissão.² Com isso, a prevalência da hanseníase foi reduzida drasticamente em todo o mundo, pois os casos tratados e curados saíam do registro ativo.

Em 1991, a Organização Mundial de Saúde (OMS) propôs que até o ano 2000 a hanseníase fosse eliminada como problema de saúde pública.¹⁵ No entanto alguns países não conseguiram atingir essa meta, entre eles o Brasil. Em 2005, foi assumido novo compromisso adiando para 2010 a eliminação no País.¹⁶

A prevalência de hanseníase no Brasil, em 1985, era de 16,4 doentes em cada 10.000 habitantes, passando a 4,52 por 10.000 habitantes em 2003, uma significativa redução. Entretanto, a hanseníase ainda se constitui um problema de saúde pública e exige uma vigilância resolutiva.*

Com relação à detecção de novos casos, não se verificou o mesmo comportamento. Segundo Andrade** (1996), o aumento na taxa de detecção e do número absoluto dos casos no Brasil nos últimos anos deve-se não somente a fatores epidemiológicos. É possível que o treinamento de pessoal, aumento da cobertura do programa de controle, descentralização das ações e divulgação dos sinais e sintomas da doença pelos meios de comunicação tenham melhorado a identificação e notificação do agravo.

O Estado de São Paulo parece estar em fase de pré-eliminação, embora o comportamento da hanseníase não apresente distribuição homogênea havendo áreas de alta

endemidade.¹² As desigualdades observadas no número de casos entre os municípios e os contrastes na distribuição espacial da endemia revelam a complexidade dos fatores envolvidos na sua determinação.⁹

Além das condições imunológicas individuais, outros fatores influem no risco de adoecer por hanseníase. Entre eles estão os relacionados aos níveis da endemia e às condições socioeconômicas desfavoráveis, como as condições precárias de vida e de saúde, e o elevado número de pessoas convivendo em um mesmo ambiente.

Conhecer as condições de vida e saúde dos diversos grupos populacionais é uma etapa indispensável do processo de planejamento da oferta de serviços e da avaliação do impacto das ações de saúde.¹

Para Barcellos et al,¹ saúde pública e ambiente são amplamente influenciados pelos padrões de ocupação do espaço, justificando a incorporação da análise espacial para apoiar os gestores do Sistema Único de Saúde (SUS).

As análises estatísticas usadas habitualmente nas descrições epidemiológicas não permitem identificação e/ou quantificação de diferenças ou influências entre regiões próximas. O desenvolvimento de técnicas de mapeamento do risco de adoecer tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores.⁶

Nesse contexto, no que se refere à organização de serviços de saúde, de acordo com os princípios e diretrizes do SUS, faz-se necessário implantar e estruturar novas estratégias de controle e vigilância da hanseníase. Sendo assim, a análise espacial pode ser ferramenta útil para avaliar a situação de saúde e planejar alocação de recursos.

O objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento espacial da ocorrência dos casos de hanseníase, mapeando a doença e identificando áreas de probabilidade de risco de transmissão.

*Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise de Situação de Saúde. Saúde Brasil 2004: hanseníase. Brasília (DF); 2004. p. 311-2.

**Andrade VL. Evolução da hanseníase no Brasil e perspectivas para sua eliminação como um problema de saúde pública [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1996.

MÉTODOS

Conduziu-se um estudo ecológico da variabilidade espacial dos casos de hanseníase, tendo como unidade de análise os municípios. Utilizaram-se registros de notificação dos casos de hanseníase no Estado de São Paulo de 1991 a 2002.

Foram analisados dados de série histórica de 12 anos dos registros dos casos de hanseníase no Estado, contidos nos arquivos informatizados do Centro de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo (CVE-SP), segundo a Ficha de Notificação de Hanseníase do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Excluíram-se os casos em menores de um ano e aqueles que, apesar de terem sido notificados no Estado de São Paulo, residiam em outros Estados. Todos os demais foram incluídos.

Dessa forma, os métodos geoestatísticos foram aplicados ao total de 22.250 casos residentes em 606 municípios do Estado de São Paulo.

Utilizou-se a análise geoestatística, técnica para a detecção de dependência espacial. A maioria das doenças transmissíveis apresenta um padrão espacial complexo, como é o caso da hanseníase. Entretanto, a quantificação do risco de transmissão, em termos de probabilidades, pode ser estimada em locais não amostrados.

Uma das funções mais utilizadas na geoestatística para a determinação da dependência espacial de variáveis é a função de semivariância, que gera o semivariograma. O semivariograma experimental é um gráfico que expressa a variabilidade espacial entre as amostras, sendo uma função que só depende do vetor h , distância entre os pares de casos amostrados. Quando h cresce, o semivariograma aproxima-se da variabilidade total dos dados, chamado patamar, e havendo estacionariedade de segunda ordem, o semivariograma expressa o grau de dependência entre os pontos amostrais.

O semivariograma permite o cálculo dos parâmetros envolvidos no modelo, a saber: a distância da dependência espacial (a), conhecida como *range* ou alcance da dependência espacial que é o alcance máximo da dependência espacial, indicando que, a partir dessa distância, termina a dependência entre os casos estudados; o efeito pepita (c_0), conhecido por *nugget effect* que é o valor da semivariância a distância zero, ou seja, representa a variabilidade para escalas menores que a distância de amostragem; e altura (c) ou *sill* que é a distância entre o

efeito pepita e o patamar, intervalo esse no qual o semivariograma cresce, havendo dependência espacial. O patamar representa a altura na qual o semivariograma se estabiliza, aproximando-se da variabilidade total dos valores amostrados.

Havendo dependência espacial verificada pelo semivariograma, e levando-se em consideração as hipóteses de variância mínima e não tendenciosidade podem ser estimados valores da variável em estudo em locais onde ela não foi amostrada pela interpolação por krigagem.

A krigagem é um método de estimativa semelhante a médias móveis de valores distribuídos no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto esses valores são considerados interdependentes pela função da semivariância.⁴

As estimativas são calculadas pela equação 1.

$$Z^*(\chi_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(\chi_i) \quad (1)$$

onde,

$Z^*(\chi_0)$ é o valor estimado no ponto χ_0 ;

N é o número de pares de valores medidos $Z(\chi_i)$, envolvidos na estimativa;

λ_i são os pesos associados a cada valor medido $Z(\chi_i)$.

A formatação dos bancos de dados do CVE-SP foi realizada utilizando o *software* SPSS. Selecionaram-se as variáveis “ano de registro” e “município de residência” dos casos de hanseníase.

As análises geoestatísticas utilizaram bases cartográficas, em formato digital, dos contornos do Estado de São Paulo com localizações geográficas, por meio da longitude e latitude, de seus municípios. Os casos foram agregados e georreferenciados nos centróides dos municípios de notificação por residência e a sequência da análise foi como a seguir: com o *software* GEO-EAS³ calcularam-se as semivariâncias e os parâmetros do modelo matemático ajustado, utilizando-se o semivariograma experimental, dado pela equação 2.⁵

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(\chi_i) - Z(\chi_i + h)]^2 \quad (2)$$

onde, $N(h)$ é o número de pares de valores amostrados, $(Z(\chi_i), Z(\chi_i + h))$, separados por uma distância h .

Com esses valores calculados, traçou-se graficamente o modelo ajustado ao semivariograma experimen-



Figura 1 - Municípios de residência dos casos notificados de hanseníase. Estado de São Paulo, 1991 a 2002.

tal. A condição para o ajuste de modelos a dados experimentais é que ele represente a tendência de $g(h)$ em relação à h e que $\gamma(h) \geq 0$ $\gamma(-h) = \gamma(h)$ qualquer que seja h , modelo positivamente condicional.* O modelo Gaussiano ajustou-se ao semivariograma, sendo dado pela equação 3.

$$\gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-\frac{3h^2}{a^2}\right) \right]; 0 < h < d \quad (3)$$

onde, d é a máxima distância na qual o semivariograma está definido.

Foram determinados os parâmetros envolvidos no modelo: (a) , (c_0) , (c) .

Com esses valores calculados, realizou-se o processo de interpolação por krigagem para a obtenção, por meio do *software* Surfer,¹³ das estimativas dos casos de hanseníase para locais não amostrados, que permitiram construir os mapas de risco de ocorrência de casos de hanseníase no Estado de São Paulo.

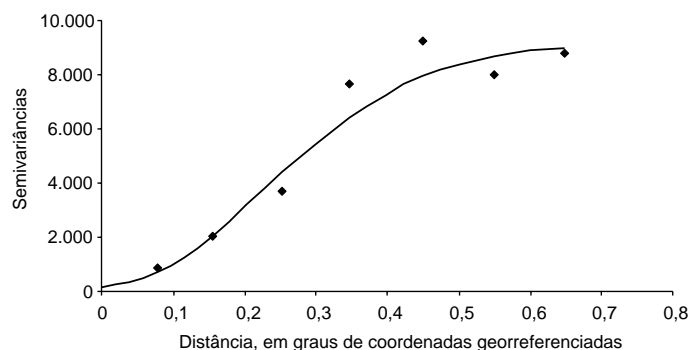


Figura 2 - Semivariograma dos casos de hanseníase ajustado por meio do modelo Gaussiano. São Paulo, 1991-2002.

RESULTADOS

Dos 645 municípios existentes no Estado de São Paulo no período estudado, em 606 deles foi notificado pelo menos um caso de hanseníase, por residência, georreferenciados por meio da longitude e latitude, conforme a Figura 1.

A média de idade dos casos estudados foi de 43 anos (± 17), 58% eram do sexo masculino e 57% de casos multibacilares.

Com a análise geostatística, a confecção do semivariograma experimental apresentou os seguintes parâmetros:

$$c_0=150; c=9000; a=0,55.$$

Tabela - Estimativas das semivariâncias experimentais para casos de hanseníase. Estado de São Paulo, 1991-2002.

h (distância)	g(h) (estimado)
0,078	844,50
0,155	2043,53
0,253	3678,52
0,346	7639,85
0,449	9238,61
0,549	7993,66
0,649	8791,09

O alcance determinado foi de 0,55 graus de coordenadas geográficas, que correspondem aproximadamente a 60 km.

Os valores encontrados, seguindo a equação 2, estão na Tabela.

A Figura 2 mostra o semivariograma para os casos de hanseníase e seu ajuste por meio do modelo Gaussiano.

As estimativas das semivariâncias em função da distância e os modelos ajustados às estimativas foram mostrados graficamente para permitir a visualização e interpretação da variabilidade espacial.

O ajuste do semivariograma e a interpolação realizada pela krigagem ordinária, com 10.000 pontos interpolados, possibilitaram a confecção do mapa de isolinhas. Estas expressam, em termos de probabilidade, áreas com maior ou menor risco (regiões do mapa mais escuras e mais claras respectivamente) para ocorrência de casos, representadas na Figura 3, pelo mapa de isolinhas e, na Figura 4, pelo mapa de superfície.

*Guimarães EC. Geostatística básica aplicada. Uberlândia: Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia; 2004.

Esses resultados apontam um padrão de concentração de casos nas fronteiras nordeste, norte e oeste do Estado. Entretanto, nota-se a probabilidade de ocorrência de pelos menos 10 casos em praticamente todo o Estado.

DISCUSSÃO

Uma possível limitação do presente estudo refere-se à maneira como as informações sobre os casos de hanseníase foram coletadas. O banco de dados utilizado é aberto e descentralizado, alimentado por diversos serviços, com poucos mecanismos de controle da consistência dos dados. Dessa forma, a possível duplicação de dados é difícil de ser avaliada.

Erros de diagnóstico podem ocorrer, pois a hanseníase é uma doença complexa e seu diagnóstico diferencial abrange muitas outras doenças. A baciloscopia muitas vezes não é realizada e a avaliação dermatoneurológica passa a ser o critério de confirmação diagnóstica.

Os dados de detecção em menores de um ano de idade foram retirados da análise, pela possibilidade de erro nessas informações. Isso porque sendo a hanseníase um agravo de longo período de incubação e evolução lenta, não é freqüente o acometimento de crianças, nessa faixa etária.

A partir de 1998, os serviços e ações para o diagnóstico, tratamento e controle da hanseníase foram incluídos entre os procedimentos da atenção básica, ou seja, houve a municipalização dos cuidados aos portadores dessa doença. Entretanto, os processos ambientais e sociais, que promovem ou restringem situações de riscos à saúde, não estão limitados às fronteiras administrativas.

Nogueira et al⁹ (1995) referem que não há registro de novos casos de hanseníase em muitos municípios de São Paulo em vários anos no período estudado, os chamados municípios silenciosos. Levando-se em conta o grande período de latência da doença, esses municípios, diante da ausência de casos, tendem a relaxar a vigilância e dismantelar os serviços de saúde especializados. Corroborando essa hipótese, Lastória & Putinatti⁷ (2004) relataram o encontro de 18 casos novos de hanseníase em municípios silenciosos durante três anos. É evidente que nas regiões nas quais esse comportamento é observado, devam ser instituídos controles específicos, visando à otimização na aplicação de recursos públicos.

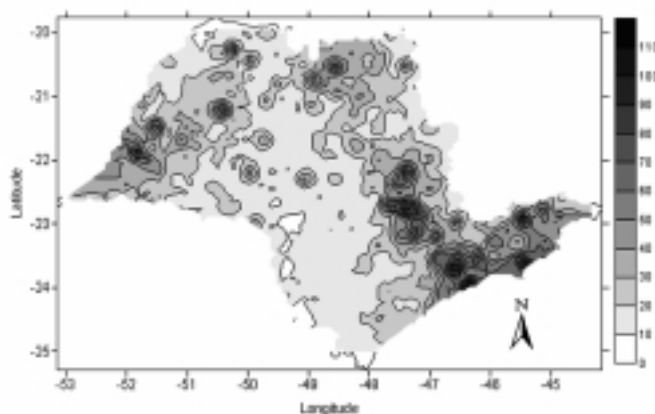


Figura 3 - Espacialização da ocorrência de casos de hanseníase. Estado de São Paulo, 1991-2002.

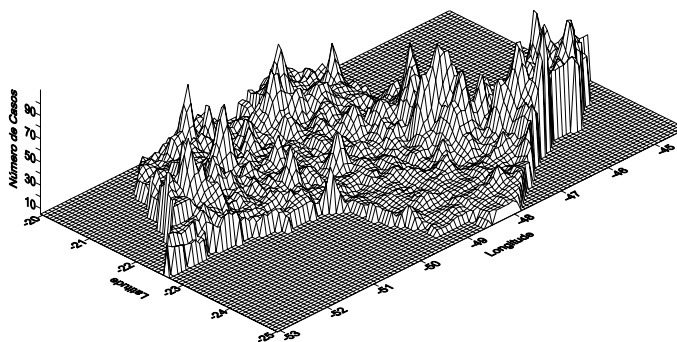


Figura 4 - Mapa de superfície da ocorrência de casos acumulados de hanseníase. Estado de São Paulo, 1991-2002.

Opromolla et al¹¹ (2003) relataram um caso de hanseníase virchoviana avançada, em paciente de 61 anos, no município de Agudos, interior de São Paulo. Apesar desses casos não serem tão freqüentes hoje em dia, eles existem e têm importância na conservação da endemia, principalmente pela limitação no exame de todos os seus contatos.

No presente estudo foram identificadas as fronteiras nordeste, norte e oeste do Estado como áreas de alto risco, conseqüentemente com maior potencial para a manutenção da endemia.

A região nordeste de São Paulo é uma área historicamente de alta concentração de casos de hanseníase, desde o primeiro censo de doentes, realizado em 1820, foram detectados 63, 98 e 207 casos, respectivamente em Jacaré, Taubaté e Campinas.⁸

As fronteiras norte e oeste de São Paulo concentram um expressivo número de casos da doença, contribuindo especialmente com o registro de casos diagnosticados nos últimos anos no Estado. Tal fato relaciona-se com o recrudescimento da ocorrência relativamente recente na região Centro-Oeste do Brasil.

Maurano⁸ (1939) refere que, possivelmente, os primeiros casos de hanseníase entraram no Estado de São Paulo pela região do Vale do Paraíba e que se disseminaram por todo o Estado seguindo a rota de ocupação do território.

Ainda são vastas as áreas de risco, embora a disseminação de casos esteja sendo mais lenta, provavelmente pela combinação entre a saturação de suscetíveis e as diversas estratégias de controle adotadas no Estado.

A propagação da hanseníase em São Paulo poderia ser explicada pelo movimento migratório no Estado. A tendência do comportamento migratório esteve associada ao processo de interiorização do desenvolvimento econômico. No período entre 1980-1991, as regiões a leste do Estado (Campinas, Santos, São José dos Campos e Ribeirão Preto) apresentaram redução nas taxas de migração. Em contrapartida, as regiões oeste e norte do Estado (Araçatuba, Presidente Prudente e Marília) que apresentavam taxas de migração negativas na década de 1970, diminuíram a evasão populacional nesse período. A região de São José do Rio Preto, Barretos e Franca, no período de 1980-91 tiveram taxas positivas. Nas áreas centrais do Estado (Sorocaba, Bauru) houve manutenção dos níveis migratórios.*

Apesar das mudanças na dinâmica demográfica das regiões em todo o período de 1980-96, a população

paulista apresentou-se praticamente concentrada em seis regiões: região metropolitana de São Paulo, Campinas, Sorocaba, São José dos Campos, Santos e São José do Rio Preto. Essas são regiões onde justamente observou-se maior densidade de casos de hanseníase. Estudos mais detalhados utilizando não só indicadores epidemiológicos e operacionais, mas também as condições socioeconômicas nessas áreas, provavelmente apontarão as periferias desses grandes centros como àquelas de maior probabilidade de ocorrência da doença.

Destarte, partindo-se do pressuposto de que a variabilidade espacial ocorre quando “pontos próximos tendem a valores mais semelhantes que pontos distantes”, a verificação de áreas com probabilidades de riscos, utilizando-se a análise da dependência espacial de casos de hanseníase, pode ser uma valiosa ferramenta para o controle da hanseníase nessas regiões.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), pela cessão das bases cartográficas digitais e à Divisão de Hanseníase do Centro de Vigilância Epidemiológica “Alexandre Vranjac” da Coordenadoria de Controle de Doenças da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, pela cessão do banco de dados do SINAN-hanseníase.

REFERÊNCIAS

1. Barcellos CC, Sabroza PC, Peiter P, Rojas LI. Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de Saúde. *Inf Epidemiol SUS*. 2002;11(3):129-38.
2. Dharmendra. Control and eradication of leprosy. *Indian J Lepr*. 1986;58(2):175-84.
3. Englund E, Sparks A. GEO-EAS1.2.1 - geostatistical environmental assessment software: user's guide. Las Vegas (NV): US Environmental Protection Agency; 1991.
4. Goovaerts P. Geostatistics for natural resources evaluation. New York (NY): Oxford University; 1997.
5. Krige DG. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. *J Chem Metall Min Soc S Afr*. 1951;52:119-39.
6. Lacerda J, Calvo M, Freitas S. Diferenciais intra-urbanos no município de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: potencial de uso para o planejamento em saúde. *Cad Saúde Pública*. 2002;18:1331-8.
7. Lastória J, Putinatti M. Utilização da busca ativa de hanseníase: relato de uma experiência de abordagem na detecção de casos novos. *Hansenol Int*. 2004;29:6-11.
8. Maurano F. História da lepra em São Paulo. São Paulo: Revista dos Tribunais; 1939.
9. Nogueira W, Marzliac MLC, Gonçalves OSJ, Brasil MTLRF. Perspectivas de eliminação da hanseníase. *Hansenol Int*. 1995;20:19-8.
10. Opromolla DVA, editor. Noções de hansenologia. Bauru: Centro de Estudos Dr. Reynaldo Quagliato; 2000.

*São Paulo. (Estado). Cadernos do fórum São Paulo Século XXI: Cidadão do Século XXI. Caderno 1, 1-51. [série on-line] 1999. Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/forum/CADERNOS/index.htm> [acesso em nov 2004]

11. Opromolla DVA, Opromolla MA, Ura S. Manutenção da endemia hanseníaca. *Hansenol Int.* 2003;28:85-8.
12. Organização Pan-Americana da Saúde; Organização Mundial da Saúde. Leprosy Elimination Monitoring (LEM) in Brazil, 2003. Washington (DC); 2003.
13. Surfer version 6.01 - surface mapping system [software em disquete]. Golden (CO): Golden Software; 1995.
14. WHO Study Group. Chemotherapy of leprosy for control programmes. Geneva; 1982. (TRS, 675).
15. World Health Assembly. Elimination of leprosy: resolution of the 44th World Health Assembly. Geneva: World Health Organization; 1991. (WHA 44.9).
16. World Health Organization. Global strategy for further reducing the leprosy burden and sustaining leprosy control activities (plan period: 2006-2010). Geneva; 2005.

Pesquisa realizada no Departamento de Saúde Pública da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista.
Trabalho baseado em dissertação de mestrado, apresentada ao Departamento de Saúde Pública da Faculdade de Medicina de Botucatu, em 2005.