

Identificação de áreas de risco para a transmissão da tuberculose no município de São Carlos, São Paulo, 2008 a 2013*

doi: 10.5123/S1679-49742017000300010

Identification of risk areas for the transmission of tuberculosis in the municipality of São Carlos, São Paulo State, Brazil, 2008 to 2013

Identificación de áreas de riesgo para la transmisión de tuberculosis en São Carlos, São Paulo, Brasil, 2008 - 2013

Luiz Henrique Arroyo¹

Mellina Yamamura¹

Simone Terezinha Protti-Zanatta²

Alcione Pereira Biffi Fusco²

Pedro Fredemir Palha¹

Antônio Carlos Vieira Ramos¹

Severina Alice Uchoa³

Ricardo Alexandre Arcêncio¹

¹Universidade de São Paulo, Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública, Ribeirão Preto-SP, Brasil

²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Enfermagem, São Carlos-SP, Brasil

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Saúde Coletiva e Nutrição, Natal-RN, Brasil

Resumo

Objetivo: identificar aglomerados espaciais e espaço-temporais de risco para tuberculose e caracterizá-los segundo a vulnerabilidade social. **Métodos:** estudo ecológico que considerou os casos de tuberculose no município de São Carlos-SP, no período de 2008 a 2013; aplicou-se a técnica de *scan* espacial, computando-se o risco relativo (RR) e intervalo de confiança de 95% ($IC_{95\%}$); utilizou-se o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) para caracterização dos aglomerados. **Resultados:** foram identificados três *clusters*, dois de alto risco ($RR=7,44$; $IC_{95\%}$: 4,73;11,65 / $RR=6,94$; $IC_{95\%}$: 3,82;12,57) e um de baixo risco ($RR=0,3$; $IC_{95\%}$: 0,35;0,96), todos com vulnerabilidade muito baixa e média; na análise espaço-temporal, foram dois *clusters* de alto risco ($RR=12,6$; $IC_{95\%}$: 7,07;19,58 / $RR=11,78$; $IC_{95\%}$: 6,00;21,47), com os mesmos setores da análise espacial e classificação de vulnerabilidade social. **Conclusão:** os resultados permitem o direcionamento de ações específicas de controle a partir da detecção precoce dos casos em locais com maior transmissibilidade da tuberculose.

Palavras-chave: Tuberculose; Análise Espacial; Epidemiologia; Vulnerabilidade Social.

*Manuscrito originado de dissertação de Alcione Pereira Biffi Fusco, intitulada 'Distribuição espacial da tuberculose em um município do interior do estado de São Paulo entre 2008-2013', defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Enfermagem da Universidade Federal de São Carlos em 2015.

Endereço para correspondência:

Luiz Henrique Arroyo – Rua Rui Barbosa, nº 740, apto. 229, Centro, Ribeirão Preto-SP, Brasil. CEP: 14015-120
E-mail: luiz.arroyo@hotmail.com

Introdução

A tuberculose (TB) é a causa mais comum de mortes – em todo o mundo – por doenças com um único agente infecioso. Tendo sua carga concentrada nos países em desenvolvimento, mais da metade dos casos atinge a faixa etária economicamente ativa da sociedade, trazendo consequências para a economia, os sistemas de saúde e a vida dos indivíduos acometidos por essa enfermidade.¹

Estima-se que no ano de 2015, no plano global, ocorreram 10,4 milhões de casos de TB, sendo 6,6 milhões considerados casos novos. O Brasil, participante do grupo de países que concentra 84% da carga mundial da doença, apresentou neste mesmo ano uma taxa de incidência de 41 casos em cada 100 mil habitantes e taxa de mortalidade de 2,2 mortes em cada 100 mil habitantes.²

Estima-se que no ano de 2015, no plano global, ocorreram 10,4 milhões de casos de TB, sendo 6,6 milhões considerados casos novos.

Apesar do alcance de metas estabelecidas pela estratégia *Stop TB* (2006-2015), o Brasil tem apresentado, com o passar dos anos, melhorias modestas em seus indicadores epidemiológicos, necessitando aprimorar o sucesso nos tratamentos: estima-se uma porcentagem de apenas 74,2% de cura nos casos novos de TB pulmonar em 2014.³ Metas mais ambiciosas, como as definidas para a Estratégia pelo Fim da Tuberculose (2016-2035), ratificam a primordialidade da avaliação dos serviços de saúde prestados à população e a necessidade de novas formas de enfrentamento dessa doença.

Parte da complexidade no controle da TB também está relacionado a fatores intrínsecos ao ambiente, com a predominância da infecção entre indivíduos residentes em áreas endêmicas em comparação com aqueles que vivem em áreas de baixa endemicidade.⁴

Têm-se promovido estudos de distribuição geográfica da incidência da TB, de maneira a caracterizar seu panorama nas grandes cidades.⁵ Trata-se de uma doença essencialmente urbana, o que tem contribuído para formular hipóteses acerca dos fatores de risco no nível ambiental e social.

No município paulista de São Carlos, cenário que o presente estudo se propõe analisar, o coeficiente de incidência da TB foi de 24,52/100 mil habitantes e a taxa de mortalidade de 2,53/100 mil habitantes no ano de 2013.⁶

Uma extensa revisão da literatura utilizando os descritores Risco, Tuberculose e Espaço e/ou Ambiente constatou serem poucos os estudos desenvolvidos para estimar as áreas de risco, dado importante para a adoção de medidas de vigilância e controle da doença.⁷ No presente estudo, tomou-se por hipótese a existência de áreas com maior probabilidade de transmissão de TB, de forma a detectar o risco dessas áreas, para o planejamento das ações em saúde e o avanço da Estratégia pelo Fim da Tuberculose. O objetivo deste estudo foi identificar aglomerados espaciais e espaço-temporais de risco para a ocorrência da TB e caracterizá-los segundo a vulnerabilidade social em um município endêmico na região Sudeste do Brasil.

Métodos

Trata-se de um estudo ecológico misto (geográfico e temporal),⁸ em que a unidade de análise utilizada foram os setores censitários da zona urbana do município de São Carlos, cidade de médio porte do interior do estado de São Paulo, Sudeste do Brasil.

Localizado na região centro-leste do estado (Figura 1), especificamente nas coordenadas 22° 1' 4" latitude Sul e 47° 53' 27" latitude Oeste, São Carlos possuía uma área territorial total de 1.136,907km², altitude média de 856 metros, densidade demográfica de 195,15 habitantes/km² e população residente de 221.950 habitantes em 2010. No que concerne aos aspectos socioeconômicos, o município apresentava um índice de Gini de 0,63, índice de desenvolvimento humano (IDH) de 0,805 e produto interno bruto de R\$6.712.498,00 para o mesmo ano de 2010.⁹

Foram incluídos no estudo todos os casos de TB registrados no sistema de controle de pacientes com tuberculose do estado de São Paulo (TB-WEB) no período de 1º de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2013, residentes do município. Os dados do estudo, extraídos do livro de registros ambulatoriais centralizado no Programa Municipal de Controle de Tuberculose, foram checados no sistema de informações TB-WEB, identificando-se o mesmo número de casos em ambos meios de registro. Foram excluídos os casos com endereço inespecífico, duplicidades, pessoas em situação de rua ou sem endereço registrado no TB-WEB e residentes na área rural do município.

Inicialmente, procedeu-se a geocodificação dos casos de TB com o auxílio do software TerraView versão 4.2.2. Os endereços dos casos residentes na zona urbana de São Carlos foram padronizados de acordo com um mapa digital de segmento de logradouros StreetBase®, em



Figura 1 – Município de São Carlos-SP e seu perímetro urbano

projeção Latlong/WGS84, disponibilizado na extensão Shapefile, adquirido via empresa Imagem Soluções de Inteligência Geográfica. Essa padronização consistiu no processo manual de verificação e adequação de cada endereço cadastrado no TB-WEB, alcançando uma maior probabilidade e confiabilidade na geocodificação dos casos. Por meio desse processo de interpolação linear dos endereços com segmentos do logradouro correspondentes, obteve-se um padrão de pontos dos eventos sob análise.

Em seguida, foi utilizada a técnica de análise espacial denominada *scan* espacial, desenvolvida por Kulldorff e Nagarwalla,¹⁰ com o objetivo de localizar os aglomerados de risco presentes no município, espaço e espaço-tempo.

A base cartográfica dos 329 setores censitários de São Carlos foi obtida da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram excluídos das análises os 40 setores censitários referentes à zona rural, restando incluídos os 289 setores censitários pertencentes à zona urbana.¹¹

Os setores censitários foram utilizados como unidade de análise, para detecção dos aglomerados espaciais e espaço-temporais dos casos de TB, pelo fato de contarem com o maior nível de desagregação populacional junto à sistemática de coleta de informações.⁴

Aglomerados de risco são identificados graficamente, por janelas circulares com raio variável ao redor dos centros de cada setor censitário, para o qual é calculado o número esperado da ocorrência dentro do círculo. A

região delimitada pela janela de análise, denominada de região z , pode constituir um aglomerado se o valor encontrado for maior ou menor que o esperado. Esse procedimento é realizado em todos os centroides sob análise.¹²

Para cada janela analisada, testa-se a hipótese nula (H_0) frente à hipótese alternativa (H_1) para a existência de um risco elevado do evento analisado, em comparação com a janela exterior. Destacando-se que H_0 assume não haver aglomerado nas regiões ou áreas de São Carlos, ou seja, todos os indivíduos da população possuem a mesma probabilidade de desenvolverem TB, H_1 assume que a região z é um aglomerado, e que os indivíduos dessa determinada área teriam maior probabilidade de contrair a doença.

Para a análise, foi utilizado o *software* SaTScan 9.4 considerando-se o modelo discreto de Poisson, agrupamentos puramente espaciais e a incorporação do fator temporal, segundo o que os eventos são investigados no tempo e no espaço simultaneamente.¹³

Para os eventos puramente espaciais, foram adotadas as seguintes condições: não sobreposição geográfica dos aglomerados; tamanho máximo do aglomerado igual a 50% da população exposta; aglomerado com formato circular; e 999 replicações. No caso da análise espaço-temporal, foram considerados os mesmos parâmetros, aos quais foi acrescido o tamanho máximo do aglomerado temporal igual a 50% do período de estudo, unidade de tempo em anos e período de 2008 a 2013.

Ambas análises foram realizadas com ajuste de covariáveis, estas determinadas pelo sexo e distribuição etária categorizada de acordo com a mediana da idade dos sujeitos da pesquisa. Outros aspectos, igualmente capazes de influenciar no modelo de probabilidade de Poisson, foram controlados pelo tamanho da população nos setores censitários e ocorrência de altos e baixos valores do risco relativo (RR). O teste de significância dos aglomerados identificados baseou-se na comparação entre as estatísticas de teste de razão de verossimilhança e uma distribuição nula, obtida de acordo com as 999 simulações de Monte Carlo.¹⁰

É válido ressaltar que os modelos de Poisson e de permutação no espaço-tempo permitem o ajuste por múltiplas covariáveis categóricas, em que o número de casos esperados para cada área sob a hipótese nula é calculado usando-se a padronização indireta.¹⁰

O RR dos aglomerados identificados possibilita a comparação das informações em áreas dessemelhantes, pois estas são padronizadas de tal forma que se retiram os efeitos das diferentes populações, indicando-se assim a intensidade de ocorrência do fenômeno sob análise em toda a área do estudo.¹⁴ Esse cálculo é realizado pela seguinte fórmula matemática:

$$RR = \frac{c/E[c]}{(C-c)/(C-E[c])}$$

Sendo:

c = número de casos observados dentro do *cluster*.

C = número total de casos no conjunto de dados.

E[c] = número de casos esperados ajustado por covariáveis dentro da janela sob a hipótese nula.

Os valores resultantes desse cálculo foram nomeados como de alto risco para TB quando o RR do *cluster* se apresentou maior que um (RR>1), e de baixo risco para TB quando menor que um (RR<1).

Para os aglomerados estatisticamente significativos, adotou-se $p<0,05$ e foi estimado o intervalo de confiança de 95% (IC_{95%}).¹⁵ Também foram construídos mapas temáticos contendo os RR dos aglomerados de riscos identificados no *scan* espacial, com o auxílio do software ArcGIS 10.1.

Para descrever a vulnerabilidade social dos aglomerados encontrados, foram utilizados dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) referentes ao Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) para o ano de 2010. Esse índice classifica os setores censitários a partir de uma combinação entre as dimensões demográfica e socioeconômica, e identifica os fatores específicos que produzem a deterioração das condições de vida em uma comunidade, auxiliando na

definição de prioridades para o atendimento da população mais vulnerável.¹⁵

O IPVS incorpora os seguintes indicadores: número de habitantes; rendimento nominal médio dos domicílios; idade média dos responsáveis pelos domicílios; e porcentagem de chefes de domicílio com menos de 30 anos de idade, mulheres chefes de domicílio com menos de 30 anos e a parcela de crianças com menos de seis anos, sobre o denominador do total de habitantes de cada um desses segmentos.

Assim, os setores censitários podem ser caracterizados da seguinte forma:

Grupo 1 – baixíssima vulnerabilidade

Grupo 2 – vulnerabilidade muito baixa

Grupo 3 – vulnerabilidade baixa

Grupo 4 – vulnerabilidade média

Grupo 5 – vulnerabilidade alta

Grupo 6 – vulnerabilidade muito alta

Grupo 7 – vulnerabilidade altíssima

As características desses grupos são descritas na Tabela 1 do Material Suplementar.¹⁵ A relação entre vulnerabilidade social e TB tem sido evidenciada na literatura como coerente com os indicadores contemplados na metodologia de construção do IPVS.¹⁶

A partir desses dados, foi elaborado um mapa temático com a classificação dos setores censitários por grupos de classificação do IPVS, para comparação com as análises espaciais e espaço-temporais realizadas anteriormente.

O projeto do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos sob o Parecer nº 483.596, em 9 de dezembro de 2013.

Resultados

Foram notificados, em ambos meios de registro (livro de registro ambulatorial e TB-WEB), 315 casos de TB no município de São Carlos entre 2008 e 2013; no entanto, apenas 290 (92%) foram geocodificados e considerados pelo estudo. Mesmo com a certificação das informações nos meios de registro do município, 24 casos (7,6%) foram excluídos por não apresentarem endereço, podendo ser caracterizados como pessoas em situação de rua; mais um caso (0,4%) foi excluído, por não apresentar endereço completo em ambos os meios de registro.

Foram observados 224 casos do sexo masculino (71%). A mediana da idade dos casos foi de 40 anos. Ao se observar a Figura 2, denota-se uma distribuição com padrão próximo da homogeneidade; porém, ao se aplicar o *scan* espacial,

foi possível detectar três aglomerados estatisticamente significantes, e no *scan* espaço-temporal, dois aglomerados estatisticamente significativos (Figura 3). Na Tabela 2, são apresentadas as características desses aglomerados.

Os setores censitários que compuseram os aglomerados de risco puramente espaciais são provenientes dos bairros Vila Isabel e Vila Morumbi, localizados na região sudeste do município, e do bairro Jardim Centenário, este na região noroeste de São Carlos.

Em contrapartida, a presente análise resultou em um aglomerado de baixo risco relativo para TB, sendo estes setores censitários porções dos bairros Vila Prado, Vila Boa Vista, Vila Carmem e Jardim Beatriz, localizados na região sudoeste do município. Essas localidades apresentaram taxa de incidência abaixo da média, ou seja, o número de casos no espaço foi inferior ao de qualquer outra região no município, constituindo áreas de proteção para a infecção por TB.

Os indicadores de vulnerabilidade social dos aglomerados encontrados e do restante do município são apresentados na Figura 4. Apesar de as análises terem abordagens distintas, os resultados da análise espacial alinharam-se aos achados da análise espaço-temporal: os setores censitários dos aglomerados espaciais repetiram-se na espaço-temporal, modificando apenas sua classificação perante o RR.

Ao analisar a Figura 4, pôde-se identificar nítida diferença entre as regiões de alto e baixo risco, tendo-se que na área de proteção – *Cluster 3* –, observou-se uma predominância de setores censitários classificados como de vulnerabilidade muito baixa (IPVS 2). Entretanto, nas áreas de alto risco – *Clusters 1 e 2* –, encontrou-se um setor com média vulnerabilidade (IPVS 4) a ocupar a maior parte territorial destes *clusters*. De acordo com dados da Fundação SEADE, que utilizou critérios para formulação do IPVS, o município em estudo não apresentou áreas de vulnerabilidade muito alta (IPVS 6).

Discussão

Foram identificados três aglomerados espaciais e dois espaço-temporais de risco para a ocorrência de casos de TB no município de São Carlos, no período entre 2008 e 2013.

Dos casos levantados, 90% foram geocodificados, o que é satisfatório; essa proporção elevada indica boa completude e qualidade das informações registradas no TB-WEB sobre os endereços dos casos notificados nos sistemas de informações em saúde.¹⁷ Ademais, o

cruzamento dos dados contidos nos livros de registros e no sistema de informações permitiu verificar que todos os casos de TB foram notificados no TB-WEB.

Na aplicação da técnica de *scan* espacial, foi possível observar a formação dos aglomerados de risco, tanto no espaço como no espaço-tempo. O *scan* de tipo puramente espacial apresentou dois aglomerados de alto risco no período analisado, inclusive com taxas de incidência excessivamente superiores à média nacional. Nesses locais, interessaria uma investigação mais aprofundada para identificar possíveis fatores associados à incidência e detecção da TB.

Importante salientar que as áreas de baixo risco para a ocorrência de TB precisam ser analisadas com a devida cautela, porque podem ser resultado de uma subnotificação dos casos da doença, fenômeno ainda comum no Brasil e que demanda resposta na forma de investimento em vigilância.¹⁸

Corroborando a análise de *scan* puramente espacial, a análise de tipo espaço-temporal apresentou aglomerados com risco para o adoecimento por TB nos mesmos bairros. Ressalta-se que as regiões que apresentaram maior risco para adoecimento são também aquelas com maior densidade demográfica, além de possuírem uma grande variação das características populacionais e de ocupação urbana.¹⁹ Contrariamente ao próprio crescimento e desenvolvimento econômico do município, essas áreas se encontram em vulnerabilidade social.²⁰

O município de São Carlos, assim como outros polos industriais do Brasil, sofreu expressiva urbanização em suas regiões periféricas.²¹ Parcela significativa desse crescimento ocorreu na forma de loteamentos de padrão precário e concentrados na população de baixa renda, nos setores sudeste e sul do município.¹⁹

Nas regiões noroeste e norte de São Carlos, a tendência de ocupação foi heterogênea, consubstanciando segmentos de todas as classes sociais.¹⁹ Um exemplo desse fenômeno é o bairro Jardim Centenário, fixado na região noroeste do município: um aglomerado de alto risco para a ocorrência de TB, caracterizado como de baixa renda, com moradores cuja faixa salarial se limita entre 0 e 3 salários mínimos.²²

As regiões nas quais existem aglomerados de alto risco para TB foram caracterizadas, em sua maior parte, como de vulnerabilidade média (IPVS 4), podendo refletir a desigualdade social e espacial urbana demonstrada por estudos realizados em outros cenários, nos quais áreas e grupos populacionais em situação socioeconômica menos satisfatória apresentam mais problemas de saúde que aqueles em melhores condições de vida.²³

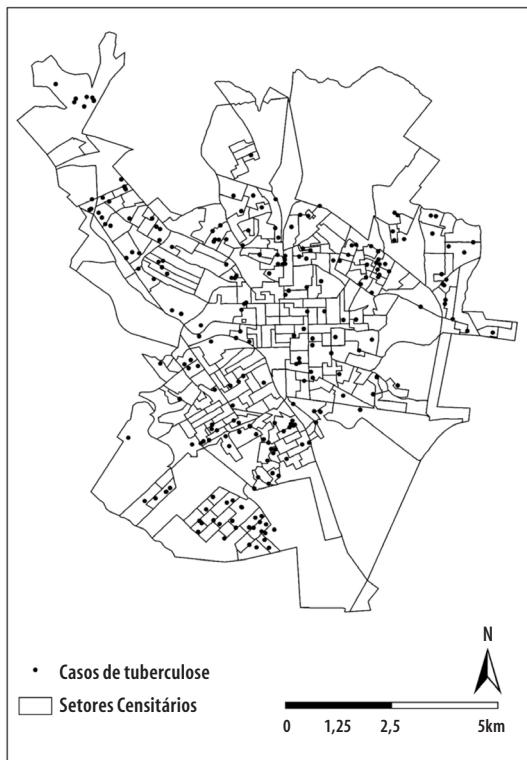


Figura 2 – Casos de tuberculose geocodificados por setores censitários do município de São Carlos-SP, 2008 - 2013

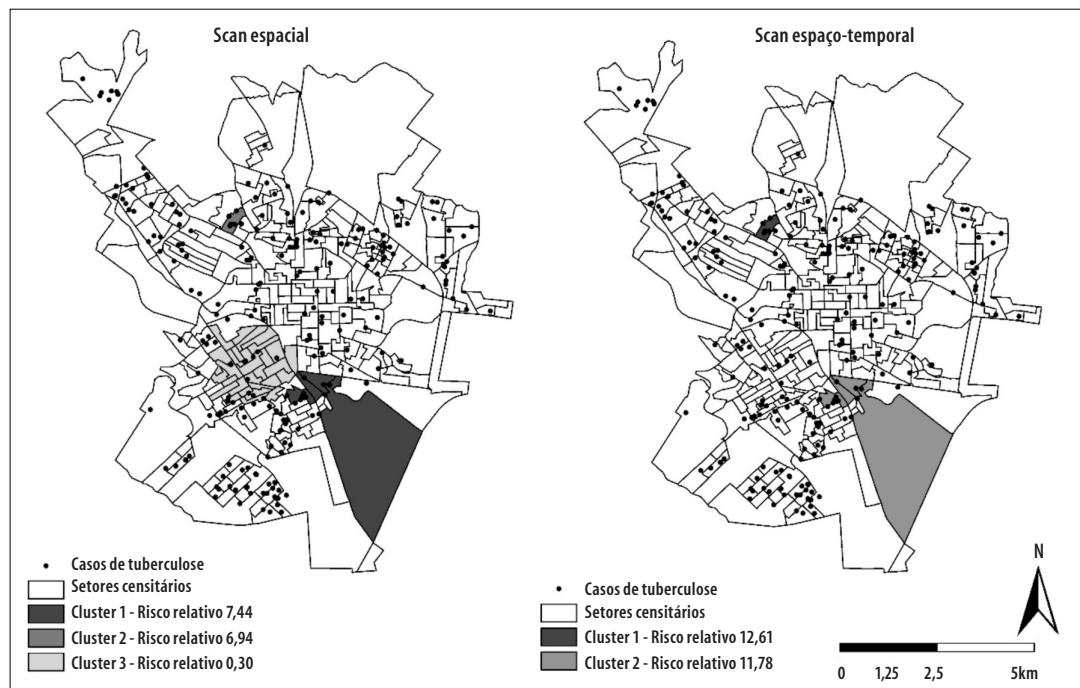
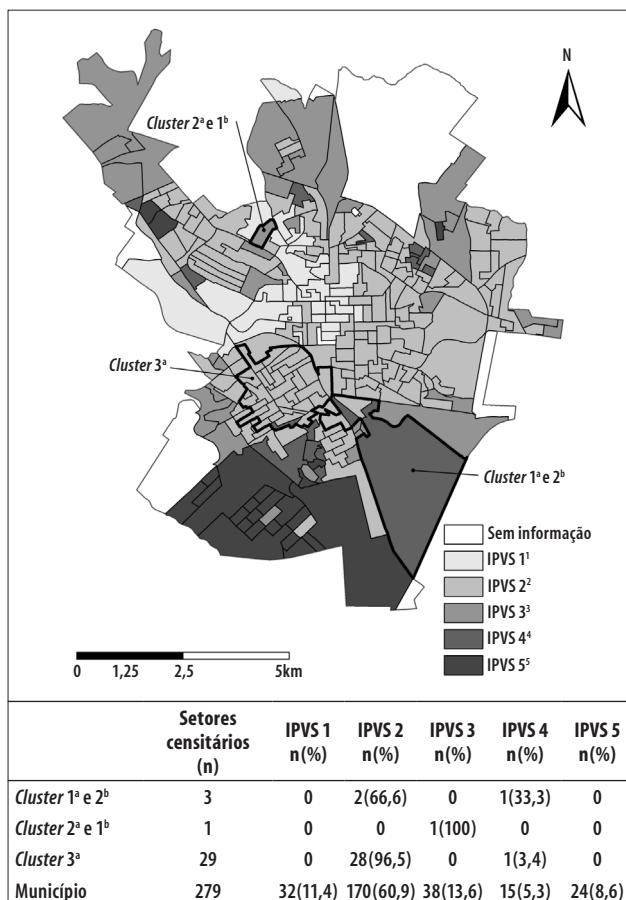


Figura 3 – Aglomerados espaciais e espaço-temporais dos casos de tuberculose, controlados pela população dos setores censitários e por sua distribuição de sexo e idade, no município de São Carlos-SP, 2008 - 2013

Tabela 2 – Características dos aglomerados estatisticamente significativos quanto ao risco para tuberculose, de acordo com o scan espacial e o scan espaço-temporal, no município de São Carlos-SP, 2008 - 2013

Grupo	Scan espacial			Scan espaço-temporal	
	Cluster 1 (p=0,001)	Cluster 2 (p=0,005)	Cluster 3 (p=0,040)	Cluster 1 (p=0,001)	Cluster 2 (p=0,001)
Quantidade de setores censitários envolvidos	3	1	29	1	3
População	2.035	1.221	19.025	1.221	2.035
Número de casos	20	11	9	10	16
Taxa média (por 100 mil habitantes)	160,2	153,09	7,4	279,7	256,3
Risco relativo	7,44	6,94	0,30	12,60	11,78
Intervalo de confiança	4,73;11,65	3,82;12,57	0,35;0,96	7,07;19,58	6,00;21,47
Período	2008 - 2013	2008 - 2013	2008 - 2013	2010 - 2012	2011 - 2013

^a Scan espacial^b Scan espaço-temporal

¹ Baixíssima vulnerabilidade

² Vulnerabilidade muito baixa

³ Vulnerabilidade baixa

⁴ Vulnerabilidade média

⁵ Vulnerabilidade alta

Figura 4 – Distribuição espacial e descrição de Grupos dos Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) dos aglomerados espaciais e espaço-temporais segundo setores censitários do município de São Carlos-SP, 2010

Vale ressaltar que o município de São Carlos é considerado um polo de alta tecnologia, referência para o estado de São Paulo, apresentando IDH, índice de Gini e incidência da pobreza melhores que a média estadual, o que pode explicar a ausência de setores censitários classificados como de vulnerabilidade muito alta (IPVS 6).⁹

Observa-se, na parte sul do município, a ocorrência de casos de TB e uma quantidade importante de setores censitários com IPVS 5, retratando vulnerabilidade alta; porém, não se observou a formação de aglomerados nessa região, mesmo com evidências de vulnerabilidade, o que levanta a suspeita de fragilidade dos serviços para identificar os casos de TB, gerando possíveis subnotificações.¹⁸ Diversos estudos^{4,24} sugerem relação entre TB e vulnerabilidade social extrema. Contudo, o presente trabalho não confirmou tal resultado, haja vista a própria característica dos municípios paulistas, de nível elevado de riqueza e bons indicadores sociais; trata-se de uma situação socioeconômica que, todavia, não possibilitou eliminar a TB no contexto analisado, de evidentes áreas de risco para a infecção, provavelmente afetadas por iniquidades nas oportunidades sociais e no acesso aos serviços de saúde.

Enquanto autores apontam relação inversamente proporcional entre iniquidades sociais e situações de saúde, principalmente no quesito ‘doenças negligenciadas’, caso da tuberculose, melhorias nas condições de vida de populações em situações de vulnerabilidade social refletem-se em mudanças positivas de seu padrão de saúde.²⁴

De acordo com Santos Neto,²⁵ populações vivendo em áreas com privação de saneamento básico ou sem moradia digna tendem a vivenciar serviços de saúde com baixa resolutividade, limitações na oferta desses serviços e falta de capacitação de seus profissionais em dispor atendimento de qualidade. Embora o estudo não tenha por objetivo avaliar o acesso aos serviços de saúde, vale destacar que a distribuição heterogênea dos riscos para TB poderia ser influenciada tanto pela localização desses serviços como pela qualidade com que são oferecidos às populações de sua abrangência.

As ações de controle da TB devem focar seus esforços em regiões de maior risco. Como demonstraram Downdy *et al.* (2012),²⁶ a redução da ocorrência de casos nessas populações provocaria uma queda considerável na incidência da doença em todo o município. Além disso, alguns autores destacam a importância do fortalecimento e reestruturação das atividades de controle da TB pela Atenção Primária à Saúde, favorecendo ações que integrem o diagnóstico precoce e um tratamento de qualidade,

com vistas à redução do risco de transmissão da doença, ações essas baseadas na atuação de serviços de saúde geograficamente próximos ao paciente e sua comunidade.

Pesquisas envolvendo a incidência de casos de TB com a análise de aglomerados vêm demonstrando proficiência na compreensão da dinâmica da TB nas zonas urbanas.²⁷ A distribuição não aleatória dos casos no município de São Carlos, inclusive com a formação dos aglomerados em determinadas regiões, sugere uma relação da doença com o espaço urbano.

Uma sugestiva relação com aspectos sociais e ambientais, próprios de um determinado espaço geográfico, revela a importância de pesquisas em que se relacionam dados de saúde, presentes em sistemas de informações em saúde, com dados ambientais e sociais incorporados em um sistema de informação geográfica,²⁸ no sentido de assimilar os possíveis determinantes da TB.

Como limitações para esta pesquisa, destaca-se que em estudos ecológicos, os resultados identificados não podem ser interpretados no plano individual. Além do que, indivíduos podem contrair a doença em localidades diferentes daquela onde residem, trazendo à luz a importância dos estudos longitudinais e prospectivos. Outrossim, a aquisição de informações por intermédio de dados secundários levanta a possibilidade da existência de subnotificações em áreas de baixo risco e erros nas informações referentes ao endereço dos casos, o que pode gerar algum viés nos resultados desta investigação e sua análise.

Indubitavelmente, as estatísticas de *scan* espacial e espaço-temporal contribuíram para expor o cenário da TB em São Carlos e a presença de áreas geográficas do município mais suscetíveis ao adoecimento, necessitadas de ações específicas para o controle da doença.²⁹ A proposta de identificar os aglomerados de risco para tuberculose e caracterizá-los segundo a vulnerabilidade social ao adoecimento fortalece o enfrentamento da TB e o alcance das metas estabelecidas na Estratégia pelo Fim da TB, pois subsidia o fortalecimento dos serviços de saúde e as ações de cuidado e prevenção da doença entre os indivíduos a partir da detecção precoce dos casos em locais-fontes de infecção.³⁰

Por fim, são necessários novos estudos com delineamentos analíticos capazes de verificar, com maior fidedignidade, possíveis associações entre as áreas de maior risco para o adoecimento por tuberculose, fatores socioeconômicos e características dos serviços de saúde no município de São Carlos.

Contribuição dos autores

Arroyo LH, Yamamura M, Arcêncio RA, Fusco APB, Protti-Zanatta ST contribuíram com a concepção e delineamento, coleta de dados, análise

estatística, preparação do manuscrito, redação, revisão crítica e aprovação final. Ramos ACV, Palha PF e Uchôa SA contribuíram na interpretação dos resultados, conteúdo intelectual e revisão crítica do manuscrito.

Referências

1. Beiranvand R, Ghalavandi SH, Delpisheh A, Sayemiri K, Karimi A. Epidemiological investigation of Tuberculosis in Ilam province during 2005-2012. *Sci J Ilam Uni Med Sci*. 2014;21(7):1-8.
2. World Health Organization. Global tuberculosis report 2016 [Internet]. Geneva: World Health Organization;2015 [cited 2017 May 08]. Available from: http://www.who.int/tb/publications/global_report/en/
3. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Perspectivas brasileiras para o fim da tuberculose como problema de saúde pública. *Bol Epidemiol*. 2016;47(13):1-15.
4. Hino P, Villa TCS, Cunha TN, Santos CB. Padrões espaciais da tuberculose e sua associação à condição de vida no município de Ribeirão Preto. *Cienc Saude Coletiva*. 2011 dez;16(12):4795-802.
5. Yamamura M, Santos-Neto M, Santos RAN, Garcia MCC, Nogueira JA, Arcêncio RA. Epidemiological characteristics of cases of death from tuberculosis and vulnerable territories. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2015 Sept-Oct;23(5):910-8.
6. Ministério da Saúde (BR). Secretaria Executiva. Departamento de Informática do SUS. DATASUS: Departamento de Informática do SUS [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2016 [cited 2017 maio 08]. Disponível em: [http://datasus.saude.gov.br](http://.datasus.saude.gov.br)
7. Santos NSGM, Santos MLSG, Vendramini SHF, Villa TCS, Ruffino-Netto A, Chiaravalloti Neto F, et al. .Tuberculose e análise espacial: revisão da literatura. *Cienc Enferm*. 2014 ago; 20(2):117-29.
8. Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. *Annu Rev Public Health*. 1995;16:61-81.
9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico de 2010 [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2010 [cited 2017 maio 08]. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br>
10. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: detection and inference. *Stat Med*. 1995 Apr;14(8):799-810.
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas: bases e referenciais [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2015 [cited 2017 maio 08]. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>
12. Lucena SEF, Moraes RM. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. *Bol Cienc Geod*. 2012 out-dez;18(4):605-23.
13. Coulston JW, Ritters KH. Geographic analysis of forest health indicators using spatial scan statistics. *J Environ Manag*. 2003 May;31(6):764-73.
14. Lawson AB. Spatial risk assessment. In: Melnick EL, Everitt BS, editors. *Encyclopedia of quantitative risk analysis and assessment*. New York: Wiley; 2008.
15. São Paulo. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. IPVS versão 2010: índice paulista de vulnerabilidade social [Internet]. São Paulo: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados; 2013 [cited 2017 maio 08]. Disponível em: <http://indices-ipvs.al.sp.gov.br/view/pdf/ipvs/metodologia.pdf>
16. Maffaciolli R, Hahn GV, Rossetto M, Almeida CPB, Manica ST, Paiva TS, et al. A utilização da noção de vulnerabilidade na produção de conhecimento sobre tuberculose: revisão integrativa. *Rev Gaucha Enferm*. 2015;36 n°esp:247-53.
17. Santos CB, Hino P, Cunha TN, Villa TCS, Muniz JN. Utilização de um sistema de informação geográfica para descrição dos casos de tuberculose. *Bol Pneumol Sanit* 2004 abr;12(1):5-10.
18. Oliveira GP, Pinheiro RS, Coeli CM, Barreira D, Codenotti SB. Uso do sistema de informação sobre mortalidade para identificar subnotificação de casos de tuberculose no Brasil. *Rev Bras Epidemiol*. 2012 set;15(3):468-77.
19. São Carlos. Prefeitura Municipal. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. Revisão do plano diretor do município de São Carlos: produto I: atualização da leitura técnica do município: contrato nº 40/11 – PMSC/FUSP [Internet]. 2011 [cited 2017 maio 08]. Disponível em: http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/pdf/2013/pde/relatorio_1.pdf
20. Ferreira RA, Firriani MGC, Mello DF, Carvalho IP, Cano MA, Oliveira LA. Análise espacial da vulnerabilidade

- social da gravidez na adolescência. Cad Saude Publica. 2012 fev;28(2):313-23.
21. Lima RP. Limites da legislação e o (des)controle da expansão urbana de São Carlos(1857-1977) [dissertação]. São Carlos (SP): Universidade de São Paulo; 2007.
 22. São Carlos. Prefeitura Municipal. Cota de solidariedade: São Carlos – SP [Internet]. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos; 2014 [citado 2017 maio 08]. Disponível em: http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/plano_diretor/72.pdf
 23. Tang KL, Rashid R, Godley J, Ghali WA. Association between subjective social status and cardiovascular disease and cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2016;6:e010137
 24. Barreto ML, Carmo EH. Padrões de adoecimento e de morte da população brasileira: os renovados desafios para o Sistema Único de Saúde. *Cienc Saude Coletiva*. 2007 nov;12 supl:1179-790.
 25. Santos-Neto M, Yamamura M, Garcia MCC, Popolin MP, Silveira TRS, Arcêncio RA. Análise espacial dos óbitos por tuberculose pulmonar em São Luís, Maranhão. *J Bras Pneumol*. 2014 set-out;40(5):543-51.
 26. Dowdy DW, Golub JE, Chaisson RE, Saraceni V. Heterogeneity in tuberculosis transmission and the role of geographic hotspots in propagating epidemics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012 Jun;109(24):9557-62.
 27. Liu Y, Li X, Wang W, Li Z, Hou M, He Y, et al. Investigation of space-time clusters and geospatial hot spots for the occurrence of tuberculosis in Beijing. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2012; 16(4):486-91.
 28. Barcellos C, Ramalho W. Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. *Informática Pública*. 2002; 4(2):221-30.
 29. Boerma T, Ezenou T, Evans D, Evans T, Kieny MP, Wagstaff A. Monitoring progress towards universal health coverage at country and global levels. *PLoS Med*. 2014 Sep;11(9):e1001731.
 30. Uplekar M, Weil D, Lonnroth K, Jaramillo E, Lienhardt C, Dias HM , et al. WHO's end TB strategy. *Lancet*. 2015 May;385(9979):1799–1801

Abstract

Objective: to identify spatial and space-time clusters of risk for tuberculosis and to characterize them according to social vulnerability. **Methods:** ecological study which considered cases of tuberculosis in the municipality of São Carlos-SP, in the period from 2008 to 2013; spatial scan statistic was applied; the relative risk (RR) and 95% confidence interval (95%CI) were calculated; the Social Vulnerability Index of São Paulo State was used to characterize the clusters. **Results:** three clusters were identified: two of high risk (RR=7.44; 95%CI: 4.73;11.65 / RR=6.94; 95%CI: 3.82;12.57) and one of low risk (RR=0.3; 95%CI: 0.35;0.96); all the clusters presented very low and medium vulnerability; in the space-time analysis, two clusters presented high risk (RR=12.6; 95%CI: 7.07;19.58 / RR=11.78; 95%CI: 6.00;21.47), with the same tracts of spatial analysis and classification of social vulnerability. **Conclusion:** the results may address to specific actions for tuberculosis control considering the early detection of the cases in the areas with higher transmission of the disease.

Keywords: Tuberculosis; Spatial Analysis; Epidemiology; Social Vulnerability.

Resumen

Objetivo: identificar aglomerados espaciales y espacio-temporales de riesgo para tuberculosis y caracterizarlos de acuerdo a la vulnerabilidad social. **Métodos:** se trata de un estudio ecológico, que consideró los casos de tuberculosis diagnosticados en el municipio de São Carlos-SP, Brasil, para el año 2008 y 2013; y sectores censitarios; se aplicó estadística de exploración espacial, calculando riesgo relativo (RR) y su intervalo de confianza al 95% (IC95%); los autores utilizaron el Índice de Vulnerabilidad Social Paulista para caracterizar las zonas de riesgo. **Resultados:** tres aglomerados fueron identificados, dos con alto riesgo (RR=7,44 – IC95% 4,73;11,65 / RR=6,94 – IC95% 3,82;12,57) y uno de menor riesgo (RR=0,3 – IC95% 0,35;0,96), los cuales presentaban muy baja y baja vulnerabilidad; usando análisis espacio-temporal, identificamos los mismos dos grupos de mayor riesgo (RR=12,6 – IC95% 7,07;19,58 / RR=11,78 – IC95% 6,00;21,47), con la misma vulnerabilidad social observado anteriormente. **Conclusión:** los resultados permiten el direccionamiento de acciones específicas para el control de la tuberculosis, teniendo en cuenta la detección temprana de los casos en lugares con mayor transmisión de la enfermedad.

Palabras-clave: Tuberculosis; Análisis Espacial; Epidemiología; Vulnerabilidad Social.

Recebido em 05/09/2016

Aprovado em 02/04/2017