







PATRÓN ESPACIO-TEMPORAL Y FACTORES ASOCIADOS A LA MORTALIDAD POR TUBERCULOSIS EN UN ESTADO DEL NORESTE - BRASIL

George Jó Bezerra Sousa¹ 
Bruno Victor Barros Cabral¹ 
Antonio Marcílio Silveira Silva¹ 
Monalisa Ribeiro Alves¹ 
Thatiana Araujo Maranhão² 
Maria Lúcia Duarte Pereira¹ 

RESUMEN

Objetivo: identificar el patrón espacio-temporal de la mortalidad por tuberculosis y los factores relacionados. **Método:** Estudio ecológico, utilizando como unidad de análisis los municipios del estado de Ceará, Brasil, durante 2001 a 2017. La mortalidad por tuberculosis se analizó mediante técnicas de análisis temporal y espacial. **Resultados:** se notificaron 1.513 muertes por tuberculosis en el periodo. Se detectó un aumento medio anual del 15% de la mortalidad (intervalo de confianza del 95%: 6,2 - 24,6). Los indicadores que más influyeron en la mortalidad fueron: la esperanza de vida al nacer ($\beta=3,38$), los hogares con suministro de agua y saneamiento inadecuados ($\beta=-0,01$) y la probabilidad de sobrevivir hasta los 60 años ($\beta=-2,26$). **Conclusión:** este estudio evidenció el aumento del patrón temporal de la mortalidad por tuberculosis a lo largo de los años. Por lo tanto, se debe hacer hincapié en las estrategias de atención dirigidas a la adherencia al tratamiento y en las estrategias de salud pública dirigidas a mejorar el entorno de la población.

DESCRIPTORES: Tuberculosis; Mortalidad; Estudios de Series Temporales; Análisis Espacial; Epidemiología.

CÓMO REFERIRSE A ESTE ARTÍCULO:

Sousa GJB, Cabral BVB, Silva MAS, Alves MR, Maranhão TA, Pereira MLD. Patrón espacio-temporal y factores asociados a la mortalidad por tuberculosis em um estado del nordeste - Brasil. *Cogitare Enferm.* [Internet]. 2022 [acceso en "insertar fecha de acceso, día, mes y año abreviado"]; 27. Disponible: <http://dx.doi.org/10.5380/ce.v27i0.87760>.

¹Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil.

²Universidade Estadual do Piauí, Parnaíba, PI, Brasil

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis (TB), es una importante enfermedad de salud pública tanto en Brasil como en el mundo^{1,2,3}, considerada la segunda causa de muerte por enfermedad infecciosa (superada por el COVID-19 en 2021). Se estima que, en todo el mundo, sólo en 2020, unos 9,9 millones de personas enfermaron y 1,3 millones murieron a causa de la enfermedad⁴.

En 2014, la OMS diseñó la Estrategia y los Objetivos Mundiales para la Prevención, la Atención y el Control de la Tuberculosis, que pretende alcanzar tres puntos clave para 2035, a saber: reducir la mortalidad en un 95,0%, reducir la incidencia en un 90,0% y eliminar los costes exorbitantes para las familias de los pacientes⁵. En Brasil, en consonancia con las metas de la OMS, se lanzó el Plan Nacional para el Fin de la Tuberculosis como Problema de Salud Pública, que considera una reducción de la mortalidad por TB de aproximadamente 10 casos/100.000 habitantes para 2035, es decir, una reducción de 4,0 a 5,0% por año⁶.

Actualmente, las tasas de mortalidad en Brasil siguen siendo elevadas, lo que refuerza la gravedad de la tuberculosis en el país. Según el Ministerio de Sanidad, en 2020 se registraron 4.543 muertes a causa de la enfermedad, lo que corresponde a una tasa de 2,1 muertes/100.000 habitantes. En el estado de Ceará, se notificaron 2.844 nuevos casos de tuberculosis en 2020, de los cuales 171 evolucionaron hacia la muerte, lo que corresponde a una tasa de mortalidad de 1,9 muertes/100.000 habitantes⁴.

La mortalidad por tuberculosis es recurrente allí donde las disparidades sociales son más pronunciadas. Factores como el escaso acceso a la atención sanitaria y a la seguridad alimentaria, el desempleo, las viviendas precarias y la escasa educación, entre otros, contribuyen a la muerte del individuo enfermo⁶. Esto es particularmente importante cuando se consideran las características socioeconómicas de Ceará, ya que es un estado con distribuciones de población heterogéneas, incluyendo deficiencias sanitarias, baja renta per cápita y alta tasa de analfabetismo en personas de 15 años o más. Por lo tanto, es vital entender cómo influyen estos factores en la mortalidad por TB para proponer y desarrollar acciones eficaces para controlar la mortalidad por la enfermedad^{3,7,8}.

Para comprender cómo se produce la mortalidad por tuberculosis en el tiempo y el espacio, las técnicas de geoprocetamiento son muy eficaces. Los autores identificaron pocos estudios que utilicen el análisis espacial y evalúen la mortalidad por TB en el Nordeste, por lo que se espera que los resultados de esta investigación sean el punto de partida para la toma de decisiones dirigidas al control de la enfermedad y su mortalidad, ya que se señalarán las áreas que presentan clusters de muertes, así como aquellas en las que existe mayor vulnerabilidad social. Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio pretende identificar el patrón espacio-temporal de la mortalidad por tuberculosis y los factores relacionados.

MÉTODO

Se trata de un estudio epidemiológico de tipo ecológico, que utilizó como unidades de análisis los municipios del estado de Ceará - BR. El estado tiene la octava mayor población del país (estimada en unos 9,13 millones de habitantes) distribuida en 184 municipios, con una densidad demográfica de 56,76 habitantes por Km² (11^a en el ranking nacional) y una renta nominal mensual per cápita de unos 850 reales⁹.

La fuente de datos utilizada fueron las muertes por TB registradas en el Sistema de Información de Agravios de Notificación (SINAN), ocurridas entre los residentes de Ceará durante el período de enero de 2001 a diciembre de 2017. El SINAN está formado por un conjunto de variables obtenidas a través de la ficha de notificación y seguimiento de

la enfermedad, incluyendo la muerte. Así, las variables utilizadas para caracterizar a los individuos que fallecieron como consecuencia de la TB fueron: edad, raza/color, educación, zona de residencia y tipo de ingreso (caso nuevo, recaída, reingreso tras abandono, traslado, no sabe)¹⁰.

La base de datos utilizada para el presente estudio fue puesta a disposición por la Secretaría de Estado de Salud de Ceará, que incluyó todos los casos reportados como "nuevos casos de TB", cuya situación de cierre fue "muerte por TB". Por lo tanto, el estudio incluyó una población de 1.513 muertes por tuberculosis durante el periodo analizado. La tasa de mortalidad media bruta por TB se calculó para cada municipio de Ceará durante el período indicado, utilizando el número medio de muertes en el numerador y la población de referencia del año 2009 (mitad del período) como denominador, multiplicada por 100.000 habitantes.

El análisis de la tendencia temporal se realizó mediante una regresión por puntos de inflexión. Sus resultados permiten estimar la Variación Porcentual Anual (CPA) de la tendencia estudiada, así como su intervalo de confianza del 95% (IC 95%) y su significación estadística¹¹. Para el análisis espacial, se preparó inicialmente el mapa temático de la mortalidad bruta por TB en los municipios de Ceará y el mapa de las tasas de mortalidad después del suavizado por el método empírico bayesiano local, con el objetivo de reducir las inestabilidades causadas por las tasas brutas.

Se utilizaron dos métodos para identificar grupos espaciales de mortalidad por tuberculosis. La primera se refiere a la función de autocorrelación espacial de las tasas brutas, mediante el índice de Moran global y local. El índice global de Moran se utilizó para probar la hipótesis de dependencia espacial y proporcionar una medida general de asociación para toda el área de estudio. Una vez verificada la presencia de autocorrelación espacial global, se aplicó el Análisis Espacial del Índice de Moran Local (LISA) para verificar la presencia de clusters espaciales.

Así, a partir de la identificación de la autocorrelación espacial, se pueden presentar los clusters mediante el Mapa de Moran y el Mapa de Lisa. El Mapa de Moran permite visualizar gráficamente el grado de similitud entre vecinos, estando representado por cuatro cuadrantes. En el primero están los municipios y vecinos con tasas altas y (patrón Alto/Alto); en el segundo están los municipios y vecinos que tienen tasas bajas (patrón Bajo/Bajo). Los municipios del tercer (patrón Alto/Bajo) y cuarto cuadrante (patrón Bajo/Alto) representan zonas de transición epidemiológica y tienen municipios y vecinos con tasas altas y bajas¹².

El segundo método utilizado fue el análisis de exploración puramente espacial mediante la técnica estadística Scan. Se utilizó el modelo de Poisson discreto y los siguientes requisitos: ausencia de solapamiento geográfico de los conglomerados, tamaño máximo de los conglomerados igual al 50,0% de la población expuesta, conglomerados en formato circular y 999 réplicas. El riesgo relativo (RR) fue calculado para cada municipio de Ceará, y aquellos con valores > 1 presentaron un riesgo relativo de muerte por TB mayor que el riesgo de Ceará en su conjunto.

Finalmente, después de una amplia revisión bibliográfica y utilizando el criterio epidemiológico, se recogieron indicadores socioeconómicos de los municipios de Ceará para apoyar la construcción del modelo de regresión lineal multivariante no espacial *Ordinary Least Squares* (OLS) para identificar los factores relacionados con la tasa media de mortalidad por la enfermedad.

Los indicadores socioeconómicos incluidos en el modelo fueron: Tasa de desempleo, porcentaje de ocupados con estudios primarios completos, porcentaje de ocupados con estudios secundarios completos, porcentaje de ocupados con estudios superiores completos, renta media de los ocupados, todos ellos para la población de 18 años o más. Además, también utilizamos el índice de Theil, el índice de Gini, la población en hogares con agua corriente (%), la población en hogares con densidad > 2 (%), la esperanza de vida

al nacer, las personas en hogares con suministro de agua y saneamiento inadecuados (%), el índice de desarrollo humano municipal (IDHM), la probabilidad de supervivencia hasta los 60 años, la tasa de envejecimiento y la vulnerabilidad a la pobreza (%). Todos estos indicadores fueron tomados del Atlas de Desarrollo Humano de Brasil (censo 2010)¹³.

Los que permanecieron en el modelo final de regresión OLS se introdujeron también en un modelo de regresión espacial ponderado geográficamente (*Geographically Weighted Regression* - GWR), ya que este modelo es capaz de analizar fenómenos que sufren variaciones según la zona en la que se estudian. El GWR generó un coeficiente de regresión para cada uno de los 184 municipios del estado. El resultado de la regresión GWR se presentó en el formato de dos mapas temáticos.

El cálculo de la tasa bayesiana empírica local y la función de autocorrelación espacial se realizaron con el software TerraView 4.2.2. A su vez, el análisis de barrido puramente espacial se realizó con la ayuda del software SaTScan 9.6. La regresión OLS no espacial se realizó en el programa Stata 12 y la regresión espacial GWR se realizó en el programa GWR 4.0.9. Todos los mapas se elaboraron en el programa QGIS 2.4.17.

El proyecto fue remitido para apreciación ética por la Universidade Estadual do Ceará y aprobado bajo el número de protocolo 2.687.046. Se reitera que en el momento de la recolección de datos, se eliminó cualquier atributo que identificara a la población.

RESULTADOS

Entre 2001 y 2017, se registraron 1.513 muertes por tuberculosis en Ceará. Se observó un predominio de varones (n=1.081; 71,5%) y de individuos que se declararon morenos (n=1.123; 76,8%). La mayoría de las muertes se produjeron entre personas analfabetas (n=197; 21,6%) o con estudios primarios incompletos (n=298; 32,6%) y se registraron en zonas urbanas (n=1.266; 86,8%). Cabe destacar que el 8,7% (n=131) de los ingresos fueron recurrentes y el 8,5% (n=128) se debieron a reingresos posteriores al abandono (Tabla 1).

Tabla 1 - Características sociodemográficas de los individuos fallecidos por tuberculosis en Ceará en el período de 2001 a 2017 (n=1.513). Fortaleza, CE, Brasil, 2021

Características	n	%
Edad (mediana)	50	38 – 67
Sexo		
Masculino	1.081	71,5
Femenino	432	28,5
Raza/color*		
Blanca	164	11,2
Negra	97	6,6
Amarilla	12	0,8
Marrón	1.123	76,8
Indígena	68	4,6
Educación**		

Analfabeto	197	21,6
Escuela Primaria I Incompleta	298	32,6
Escuela Primaria I Completa	115	12,6
Escuela Básica II Incompleta	158	17,3
Escuela Básica II Completa	47	5,1
Escuela Secundaria Incompleta	38	4,1
Escuela Secundaria Completa	41	4,5
Educación Universitaria Incompleta	5	0,5
Educación Secundaria Completa	15	1,6
Zona de Residencia***		
Urbana	1.266	86,8
Rural	186	12,7
Periurbana	6	0,4
Tipo de entrada		
Nuevo caso	1.120	74
Recaída	131	8,7
Reingreso tras el abandono	128	8,5
No sabe	14	0,9
Transferencia	86	5,7
Post-obit	34	2,2

*Se excluyeron 49 muertes que tenían la variable raza/color como "desconocida" o "no informada".

**Se excluyeron 599 muertes cuya variable de educación era "desconocida" o "no informada".

*** Se excluyeron 55 muertes que tenían la variable "desconocido" o "no informado" en el área de residencia.

Fuente: Autores (2021).

Durante el periodo 2001-2008 se produjo un crecimiento significativo del 43,5% en el APC de la mortalidad por TB (IC 95%: 19,3 - 72,7; $p < 0,001$). En el año 2008 se produjo la presencia de un punto de inflexión y, a partir de entonces, en el periodo 2008-2017 se produjo un descenso de la mortalidad del 3,2% anual, sin embargo, sin significación estadística (IC 95%: -9,4-3,4; $p > 0,05$). Si consideramos todo el periodo analizado, detectamos un aumento del 15,0% anual en la mortalidad por TB (IC 95%: 6,2 - 24,6; $p < 0,001$) (Figura 1).

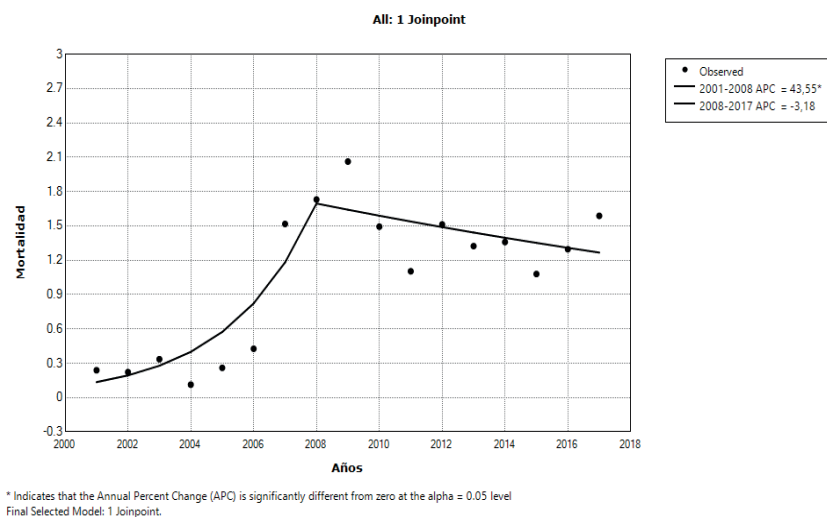


Figura 1 - Análisis de la tendencia temporal de la mortalidad por TB en Ceará, Brasil, 2001-2017. Fortaleza, CE, Brasil, 2021

Fuente: Autores (2021).

La Figura 2A muestra que las muertes por TB se registraron en el 63,0% (n=116) de los municipios de Ceará, siendo la tasa bruta de mortalidad media más alta del estado la registrada en el municipio de Sobral (3,4 muertes/100.000 habitantes). La aplicación del método empírico bayesiano local (Figura 2B) permitió la suavización de las tasas, verificándose la mayor tasa media de mortalidad bayesiana en el municipio de Forquilha (2,88/100.000 habitantes). Además, los municipios con las mayores tasas de mortalidad se agregaron, evidenciando patrones espaciales más evidentes en las ciudades de la región metropolitana de Fortaleza y en los alrededores de Sobral. También se observa que, incluso con la aplicación de este método, varios municipios siguieron teniendo tasas de mortalidad por tuberculosis iguales a cero.

Para la detección de clústeres, se realizó la prueba de autocorrelación espacial mediante los índices de Moran Global y Local. El índice global de Moran fue igual a 0,14 ($p=0,02$), lo que indica una autocorrelación espacial positiva. Una vez que el Índice de Moran Global resultó significativo, se procedió a calcular el Índice de Moran Local para identificar grupos espaciales de mortalidad por TB (Figura 2C). Según el mapa, el patrón de distribución de las muertes es alto en la capital, Fortaleza, y en algunos municipios de su región metropolitana, así como en Juazeiro do Norte, situado en el sur del estado, y en ciudades cercanas a Sobral, una importante ciudad del interior del estado. En el mapa LISA (Figura 2D) se puede comprobar la intensidad de la significación estadística de cada uno de los cúmulos identificados.

La técnica puramente espacial scan confirma el resultado obtenido por la prueba de autocorrelación espacial. Fue posible identificar que una porción significativa de los municipios de Ceará tiene un riesgo de muerte por TB menor que el riesgo promedio del estado (en azul) (Figura 2E). Por el contrario, la capital de Fortaleza, Maracanaú (región metropolitana de Fortaleza) y Sobral tienen entre 3,00 y 3,69 veces más riesgo de mortalidad por TB si se comparan con el conjunto del estado. Mediante esta técnica también fue posible identificar tres clústeres en el estado (Figura 2F), siendo los dos primeros significativos ($p<0,05$). El clúster primario (en rojo), es decir, el de menor probabilidad de haber ocurrido por azar, estaba compuesto por la capital Fortaleza y los municipios de su región metropolitana, incluyendo Eusébio, Aquiraz, Pindoretama, Horizonte, Itaitinga, Pacatuba y Maracanaú, con RR igual a 4,0 y radio de cobertura de 30,05Km².

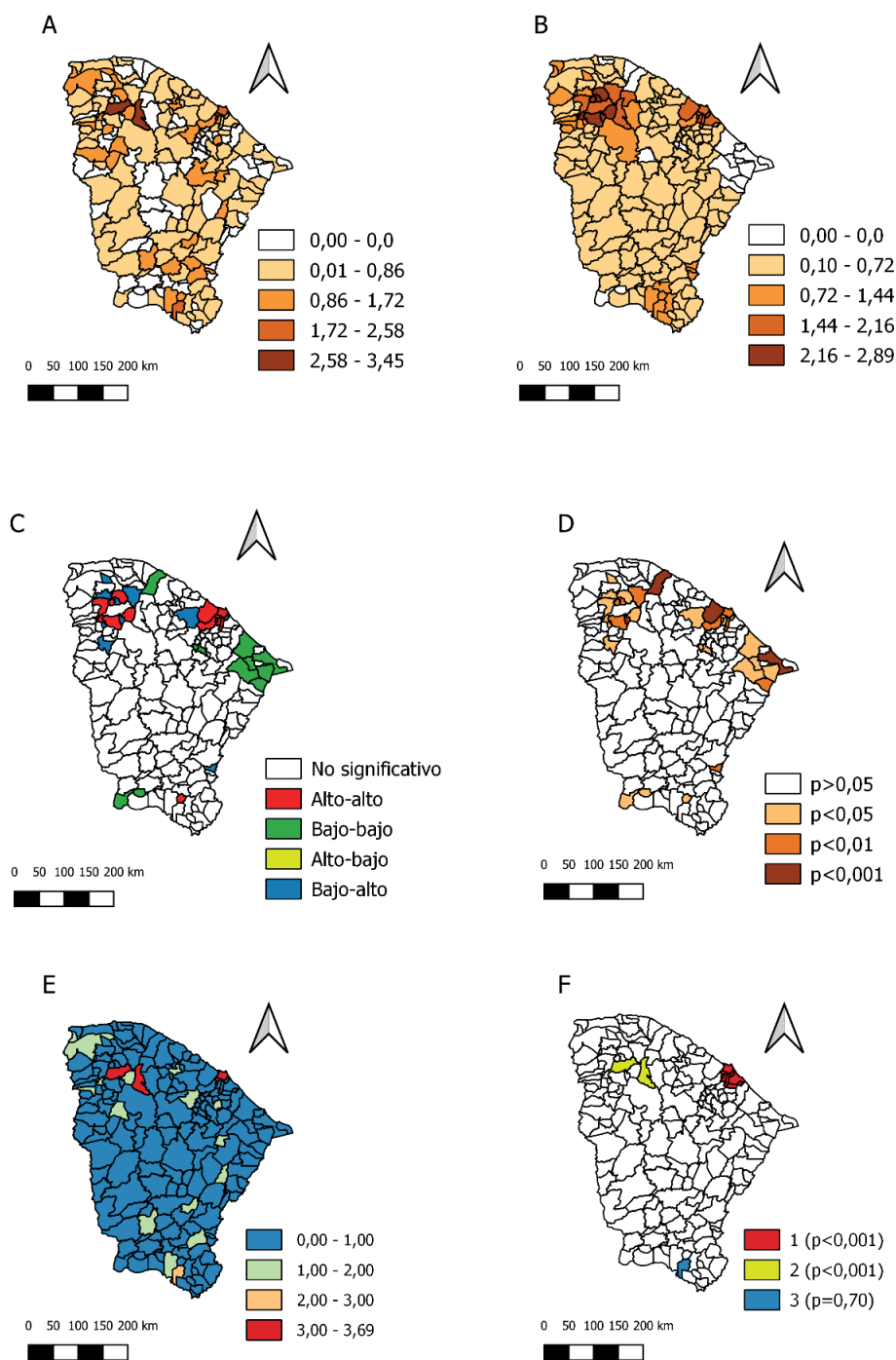


Figura 2 - Distribución espacial de las tasas de mortalidad bruta (A) y bayesiana (B) por tuberculosis. Clústeres espaciales de TB descritas por el Mapa de Moran (C) y el Mapa de Lisa (D). Mapas del riesgo relativo (E) y de los clústeres espaciales (F) definidos por la estadística Scan puramente espacial. Ceará, Brasil, 2001-2017. Fortaleza, CE, Brasil, 2021

Fuente: Autores (2021).

La tabla 2 muestra los indicadores sociales que resultaron significativos en los modelos finales de regresión OLS y GWR. El modelo OLS fue capaz de explicar el 24,0% de la

variación de la mortalidad. Asumiendo la hipótesis de que el espacio influye en el resultado, se aplicó el modelo espacial GWR. Así, una vez considerado el espacio geográfico en el cálculo de la regresión, se observó que la GWR se comportó mejor que la OLS, explicando el 34,0% de la variación de la mortalidad por TB.

Según el modelo GWR, se observó que los indicadores sociales que influían en la mortalidad por tuberculosis eran: una mayor esperanza de vida al nacer ($\beta=3,38$), la proporción de personas con un suministro de saneamiento inadecuado ($\beta=-0,01$) y la probabilidad de supervivencia hasta los 60 años ($\beta=-2,26$). Cabe destacar que, aunque significativa, la relación entre la proporción de personas con saneamiento inadecuado y la mortalidad por tuberculosis era muy cercana a cero, por lo que este resultado debe interpretarse con precaución (Tabla 2).

Tabla 2 - Modelos finales de regresión OLS y GWR de los indicadores socioeconómicos que influyen en la mortalidad por tuberculosis en el estado de Ceará. Fortaleza, CE, Brasil, 2021

	Modelo OLS				Modelo GWR	
	Coefficientes	Erro estándar	r	p	Coefficientes	Error estándar
Esperanza de vida al nacer	4,58	0,79	<0,001		3,38	1,53
Hogares con suministro de agua y saneamiento inadecuados (%)	-0,01	0,003	0,01		-0,01	0,002
Probabilidad de supervivencia hasta los 60 años	-2,68	0,47	<0,001		-2,26	0,89

Fuente: Autores (2021).

La figura 3 muestra los mapas temáticos derivados de los resultados de la regresión espacial GWR. Se encontró que en todow el estado, excepto en el este de Ceará, hubo una relación positiva significativa ($p<0,05$) entre la variable esperanza de vida al nacer y la mortalidad por TB (Mapas A y B). A su vez, en los municipios del norte y del sur de Ceará, cuanto mayor es la proporción de hogares con abastecimiento y alcantarillado inadecuados, menor es la tasa de mortalidad por TB ($p<0,05$) (Mapas C y D). En una parte importante del estado, cuanto menor era la probabilidad de supervivencia hasta los 60 años, mayor era la tasa de mortalidad por tuberculosis (Mapas E y F).

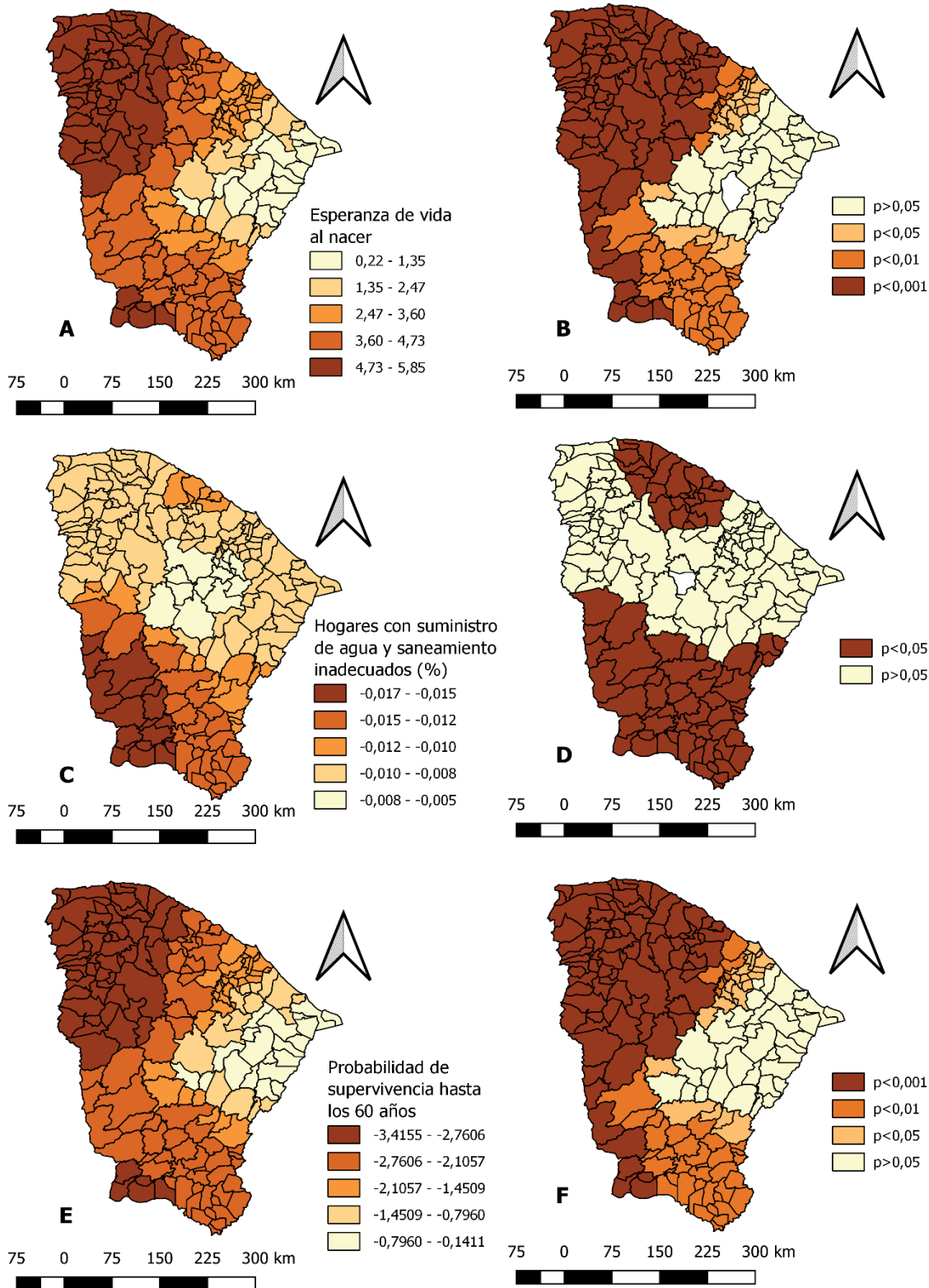


Figura 3 - Resultados de la regresión GWR para los indicadores socioeconómicos que influyen en la mortalidad por tuberculosis en el estado de Ceará, Brasil. Fortaleza, CE, Brasil, 2021

Fuente: Autores (2021).

DISCUSIÓN

Los estudios han demostrado que la mortalidad por TB está asociada a algunos factores expuestos durante la discusión que permean las poblaciones de los municipios del estado de Ceará, Brasil, en el período de 2001 a 2017¹⁵. Además de la estigmatización que proporciona la enfermedad, se sabe que la población masculina tiende a distanciarse de la búsqueda de tratamiento debido a la influencia de las actividades laborales en su vida diaria. Además, el predominio de la raza/color marrón entre los fallecidos por TB puede estar directamente relacionado con que la mayoría de la población del estado se declara marrón, pero también puede estar asociado a la menor disponibilidad de servicios sanitarios para la población negra/marrón⁸.

La baja educación, por otra parte, dificulta la comprensión de la enfermedad y la comprensión de la importancia del tratamiento y sus consecuencias en caso de no adherencia o abandono. Además, los factores relacionados con el lugar de residencia, especialmente en las zonas urbanas, están directamente relacionados con la mortalidad, ya que la urbanización favorece la estratificación social y la formación de tugurios en zonas periféricas con alta densificación domiciliaria^{7,8,16,17}.

Todavía en relación con el área de residencia, este estudio mostró que las ciudades populosas del estado de Ceará (Fortaleza, Sobral, Juazeiro do Norte) concentran las mayores tasas de mortalidad de la enfermedad. La mayor proporción de muertes en estas zonas, además de los factores expuestos anteriormente, también puede estar relacionada con la oferta de servicios sanitarios. Incluso ofreciendo más oportunidades de atención, la alta concentración de casos en estas ciudades también predispone a una acumulación de muertes. Estos lugares son también puntos de referencia en términos de atención, lo que promueve el desplazamiento de los pacientes a estas ciudades. Además, el paciente puede proporcionar al servicio una dirección en el gran centro urbano y, por este motivo, ser incluido en sus registros de notificación.

A través del análisis del patrón temporal, fue posible observar el crecimiento significativo de la mortalidad por TB en Ceará. Estos datos son alarmantes porque ponen de manifiesto las deficiencias del Estado en la gestión de la enfermedad. En este panorama, la OMS propuso en 2014 una estrategia global para combatir la enfermedad (*End TB Strategy*) que tiene como objetivo un mundo libre de tuberculosis para el año 2035. La estrategia pretende abordar la enfermedad como un fenómeno multicausal, que implica algo más que un contexto biomédico, ya que innova utilizando un enfoque centrado en la persona, la investigación y la protección social de los pacientes infectados y las comunidades donde viven⁶.

Al incorporar esta estrategia, Brasil da prioridad a las poblaciones más vulnerables, apoyando a la sociedad civil y formulando políticas públicas dirigidas a la eliminación nacional de la tuberculosis, ya que el país sigue teniendo una alta tasa de incidencia y mortalidad por la enfermedad⁶. Así, si no se reduce el abandono del tratamiento de la tuberculosis, se estima que el coeficiente de mortalidad en Brasil en 2035 se reducirá a 1,2/100.000 habitantes. Hay que tener en cuenta que se seguirán observando muertes; sin embargo, con una mejora del 5% en este indicador, como propone la OMS, se evitarán unas 7.092 muertes en el país¹⁸.

Entre los resultados de la regresión espacial, se observó que la esperanza de vida al nacer mostró una asociación positiva con el aumento de la mortalidad por tuberculosis. Este indicador, que se utiliza como medida sintética de la calidad de la salud y de la vida de los países y regiones, ha ido aumentando no sólo en Ceará, sino en todo Brasil. Programas como la Estrategia de Salud Familiar (ESF), el Programa de Agentes Comunitarios de Salud (PACS) y la Red Cigüeña fueron esenciales para el crecimiento de dicho indicador¹⁹.

Cabe destacar que la mejora de este indicador fue más evidente en las zonas rurales, donde la desigualdad social está más presente¹⁹. Sin embargo, aún con el crecimiento de

un indicador que muestra la mejora en la calidad de vida de la población, es interesante destacar la importancia de tener en cuenta otros indicadores que explican con mayor fiabilidad el fenómeno de la mortalidad por tuberculosis en el estado²⁰.

Se encontró una relación inversa entre la proporción de hogares con suministro de agua y saneamiento inadecuados y la mortalidad por tuberculosis. Cabe destacar que, incluso con el mapa mostrando áreas significativas, los resultados muy cercanos a cero deben interpretarse con precaución, ya que este hallazgo paradójico contradice lo que se evidencia en la literatura. Ya está bien establecido que la desigualdad social favorece la expansión de la enfermedad, además de influir en su mortalidad, y que los países con menor gasto per cápita en salud y menor acceso sanitario tienen mayores tasas de mortalidad por tuberculosis^{17,21,22}.

En este contexto, es importante destacar que la tuberculosis puede estar relacionada con la organización social de los países, especialmente en los países subdesarrollados de ingresos bajos y medios. En estos países, las enfermedades infecciosas son una de las principales causas de muerte, lo que demuestra la relación entre la tuberculosis y la pobreza. El parámetro de la privación socioeconómica se suma a las condiciones laborales inadecuadas, las dificultades de acceso a los servicios sanitarios y refuerza la importancia de las condiciones ambientales del individuo (como la contaminación y la vivienda) para la progresión de la enfermedad²³. Por lo tanto, se observa que la tuberculosis puede funcionar como un marcador de las desigualdades sociales en materia de salud vinculadas a las malas condiciones de vida²⁴.

Por último, la regresión espacial también señaló que la probabilidad de vivir hasta los 60 años estaba inversamente relacionada con las muertes por tuberculosis. Se sabe que la edad superior a los 60 años favorece el desarrollo de la TB activa con una alta tasa de mortalidad^{25,26,27}. Sin embargo, los hallazgos mostraron que en las mesoregiones del Noroeste y de los Sertões, cuanto menor es la probabilidad de supervivencia hasta los 60 años, mayor es la mortalidad por TB. Es importante destacar que la literatura demuestra una transición epidemiológica de las enfermedades que puede cambiar el escenario de atención a las enfermedades infecciosas como la tuberculosis^{28,29}.

Este estudio tiene algunas limitaciones, el uso de bases de datos secundarias con llenado incompleto en varias variables de caracterización sociodemográfica y, especialmente, el resultado del tratamiento de los pacientes. Aun así, los resultados de este estudio son importantes para la caracterización epidemiológica de la muerte por TB y la identificación de importantes predictores sociales.

CONCLUSIÓN

Este estudio muestra un aumento significativo de la tendencia temporal de la mortalidad por tuberculosis. En cuanto al patrón espacial, se observó la formación de clusters que involucran a Sobral, la capital Fortaleza y su región metropolitana. Los factores asociados a la muerte por tuberculosis fueron: la esperanza de vida al nacer, los hogares con suministro de agua y saneamiento inadecuados y la probabilidad de supervivencia hasta los 60 años.

Por lo tanto, las estrategias de salud pública dirigidas a las personas con tuberculosis en las zonas donde se han identificado grupos de muertes deben ser más eficaces. Además, la promoción de un saneamiento adecuado puede conducir a una disminución de las alarmantes tasas de mortalidad de la enfermedad. Así, se puede observar la importancia del medio ambiente en la cadena de la tuberculosis.

REFERENCIAS

1. MacNeil A, Glaziou P, Sismanidis C, Date A, Maloney S, Floyd K. Global epidemiology of tuberculosis and progress toward meeting global targets - Worldwide, 2018. US Department of Health and Human Services/ Centers for Disease Control and Prevention. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. [Internet]. 2020 [acesso em 03 ago 2021]; 69 (11):281-285. Disponível em: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/pdfs/mm6911-H.pdf>.
2. Rodrigues OMM, Tauil PL. Aspectos clínicos e epidemiológicos da tuberculose no Distrito Federal (2006 a 2015). Rev. bras. epidemiol. [Internet]. 2019 [acesso em 03 ago 2021]; 22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-549720190055>.
3. Sampaio VDS, Rodrigues MG de A, Silva LCF da, Castro DB de, Balieiro PC da S, Cabrinha AA, et al. Correction: social, demographic, health care and co-morbidity predictors of tuberculosis mortality in Amazonas, Brazil: a multiple cause of death approach. PLOS ONE. [Internet]. 2020 [acesso em 03 ago 2021]; 15(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218359>.
4. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico Tuberculose 2022. [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2022 [acesso em 07abr 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/aids/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/2022/boletim-epidemiologico-de-tuberculose-2013-2022/view>.
5. Péres FJG, Bermúdez JA. 20 years in tuberculosis. Rev. Patol. Respir. [Internet]. 2019 [acesso em 03 ago 2021]; 22 (3). Disponível em: https://hp.dev3.link/descargas/PR_22-S3_S224-S225.pdf.
6. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Manual de recomendações para o controle de Tuberculose no Brasil. [Internet] Brasília: Ministério da Saúde; 2019 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_recomendacoes_controle_tuberculose_brasil_2_ed.pdf.
7. IPECE. Indicadores Sociais do Ceará 2018. [Internet]. Fortaleza: IPECE; 2018 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2020/03/Indicadores_Sociais_2018.pdf.
8. Siqueira TC, Bonfim RO, Ferreira MRL, Ofão NH. Mortalidade entre os portadores de tuberculose em Porto Velho-RO. Saúde e Pesquisa. [Internet]. 2018 [acesso em 03 ago 2021]; 11 (3): 441-450. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/1983-1870.2018v11n3p441-450>.
9. Instituto Brasileiro de Geografia (BR). Cidades IBGE. Brasília: IBGE; 2020 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>.
10. Departamento de Informática do SUS - DATASUS. Informações de Saúde, Epidemiológicas e Morbidade: banco de dados. 2020 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/casos-de-tuberculose-desde-2001-sinan/>.
11. Sousa GJB, Garcês TS, Pereira MLD, Moreira TMM, Silveira GM. Temporal pattern of tuberculosis cure, mortality, and treatment abandonment in Brazilian capitals. Rev Lat Am Enfermagem. [Internet]. 2019 [acesso em 03 ago 2021]; 27:3218. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.3019.3218>.
12. Silva IG, Silva TL, Sousa GJB, Neto JCG, Pereira MLD, Maranhão TA. Spatio-temporal distribution of suicide in Northeastern Brazil. Cogitare Enferm. [Internet]. 2022 [acesso em 24 jul 2022]; 27:e78634. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ce.v27i0.78634>.
13. Atlas Brasil. Perfil estadual. [Internet]. 2013 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/biblioteca>.
14. Charlton M, Fotheringham S, Brunson C. Geographically Weighted Regression. United Kingdom: ESRC National Centre for Research Methods [Internet]. 2005 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: <http://eprints.ncrm.ac.uk/90/1/MethodsReviewPaperNCRM-006.pdf>.

15. Andrade KVF de, Nery JS, Araújo GS de, Barreto ML, Pereira SM. Associação entre desfecho do tratamento, características sociodemográficas e benefícios sociais recebidos por indivíduos com tuberculose em Salvador, Bahia, 2014-2016. *Epidemiol. Serv. Saúde*. [Internet]. 2019 [acesso em 03 ago 2021]; 28(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000200004>.
16. Oliveira HB de, Marin-Léon L, Saita NM, Golub JE. Tuberculosis fatality rates in the city of Campinas - São Paulo, Brazil, from 2001 to 2009. *Rev. Bras. Epidemiol*. [Internet]. 2019 [acesso em 03 ago 2021]; 22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-549720190043>.
17. Souza CDF, Paiva JPS de, Silva LF da, Leal TC, Magalhães M de AFM. Trends in tuberculosis mortality in Brazil (1990-2015): join point analysis. *J. Bras. Pneumol*. [Internet]. 2019 [acesso em 03 ago 2021]; 45 (2). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-3713/e20180393>.
18. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Plano Nacional pelo Fim da Tuberculose como Problema de Saúde Pública. [Internet] Brasília: Ministério da Saúde; 2017 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/junho/29/plano_nacional_tb_web.pdf.
19. Belon AP, Barros MB de A. Life expectancy at birth: impact of variation in mortality by age group and cause of death in Campinas, São Paulo State, Brazil. *Cad. Saúde Pública*. [Internet]. 2011 [acesso em 03 ago 2021]; 27(5):877-87. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2011000500006>.
20. Fiorati RC, Cândido FC de A, Souza LB de, Popolin MP, Ramos ACV, Arcêncio RA. Desigualdades sociais e os desafios à estratégia de eliminação da tuberculose no Brasil. *Vittalle – Revista de Ciências da Saúde*. [Internet]. 2018 [acesso em 03 ago 2021]; 30 (2): 59-72. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/vittalle.v30i2.7502>.
21. Ceccon RF, Maffaccioli R, Burille A, Meneghel SN, Oliveira DLLC, Gerhardt TE. Mortalidade por tuberculose nas capitais brasileiras, 2008-2010. *Epidemiol. Serv. Saude*. [Internet]. 2017 [acesso em 03 ago 2021]; 26(2):349-358. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000200012>.
22. Munayco CV, Mújica OJ, León FX, Del Granado M, Espinal MA. Determinantes sociais e desigualdades em tuberculose, América Latina e Caribe. *Rev Panam Salud Publica*. [Internet]. 2016 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/10071/v38n2a03-por.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
23. Bertolozzi MR, Takahashi RF, França FOS, Hino. A ocorrência da tuberculose e sua relação com as desigualdades sociais: Estudo de revisão Integrativa na Base PubMed. *Esc. Anna Nery*. [Internet]. 2020 [acesso em 03 ago 2021]; 24 (1). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2018-0367>.
24. Pedro AS, Gibson G, Santos JPC, Toledo LM, Sabroza PC, Oliveira RM. Tuberculose como marcador de iniquidades em um contexto de transformação socioespacial. *Rev. Saúde. Pública*. [Internet]. 2017 [acesso em 03 ago 2021]; 51 (9): 1-10. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2017051006533>.
25. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico: Brasil Livre da Tuberculose: evolução dos cenários epidemiológicos e operacionais da doença. [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2019 [acesso em 03 ago 2021]. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/marco/22/2019-009.pdf>.
26. Chaves EC, Carneiro ICRS, Santos MIPO, Sarges NA, Neves EOS. Aspectos epidemiológicos, clínicos e evolutivos da tuberculose em idosos de um hospital universitário em Belém, Pará. *Rev. bras. geriatr. gerontol*. [Internet]. 2017 [acesso em 03 ago 2021]; 20 (1): 45-55. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-22562017020.160069>.
27. Sá LD, Scatena LM, Rodrigues RAP, Nogueira JA, Silva AO, Villa TCS. Porta de entrada para diagnóstico da tuberculose em idosos em municípios brasileiros. *Rev. Bras. Enferm*. [Internet]. 2015 [acesso em 03 ago 2021]; 68 (3): 467-473. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2015680313i>.
28. Tavares J, Lovate T, Andrade I. Transição epidemiológica e causas externas de mortalidade na região sudeste do Brasil. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território -GOT*. [Internet]. 2018 [acesso em 03

ago 2021]; 15: 453-479. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2018.15.019>.

29. Pereira ER, Miranda-Ribeiro A de. Ganhos em expectativa de vida ao nascer no Brasil nos anos 2000: impacto das variações da mortalidade por idade e causas de morte. Ciênc. Saúde Coletiva. [Internet]. 2017 [acesso em 03 ago 2021]; 22 (3): 1005-1015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232017223.26652016>.

SPATIO-TEMPORAL PATTERN AND FACTORS ASSOCIATED WITH TUBERCULOSIS MORTALITY IN A NORTHEASTERN STATE - BRAZIL

ABSTRACT

Objective: to identify the spatio-temporal pattern of tuberculosis mortality and its related factors. Method: ecological study, using as unit of analysis the municipalities of the state of Ceará, Brazil, during the period from 2001 to 2017. Tuberculosis mortality was analyzed by temporal and spatial analysis techniques. Results: in the period, 1,513 deaths from tuberculosis were reported. An average annual increase of 15% in mortality was detected (95% Confidence Interval: 6.2 - 24.6). The indicators that most influenced mortality were life expectancy at birth ($\beta=3.38$), households with inadequate water supply and sanitation ($\beta=-0.01$) and probability of survival to 60 years ($\beta=-2.26$). Conclusion: this study evidenced the increase in the temporal pattern of tuberculosis mortality over the years. Care strategies aimed at treatment adherence and public health strategies aimed at improving the environment of the population should therefore be emphasized.

DESCRIPTORS: Tuberculosis; Mortality; Time Series Studies; Spatial Analysis; Epidemiology.

Recibido en: 03/09/2021

Aprobado en: 13/06/2022

Editor asociado: Dra. Luciana Nogueira

Autor correspondiente:

George Jó Bezerra Sousa

Universidade Estadual do Ceará

Avenida Silas Munguba, 1700, Itaperi, Fortaleza, CE, Brasil.

E-mail: georgejobs@hotmail.com

Contribución de los autores:

Contribuciones sustanciales a la concepción o diseño del estudio; o la adquisición, análisis o interpretación de los datos del estudio - Sousa GJB, Maranhão TA, Pereira MLD; Elaboración y revisión crítica del contenido intelectual del estudio -Sousa GJB, Cabral BVB, Silva MAS, Alves MR, Pereira MLD; Responsable de todos los aspectos del estudio, asegurando las cuestiones de precisión o integridad de cualquier parte del estudio - Sousa GJB, Pereira MLD. Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

ISSN 2176-9133



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).