

Factores asociados a la mortalidad de 5 a 14 años: una regresión ponderada geográficamente

Mônia Maia de Lima <https://orcid.org/0000-0002-5481-4726>¹; Silvana Granado Nogueira da Gama <https://orcid.org/0000-0002-9200-0387>²; Alexsandra Rodrigues de Mendonça Favacho <https://orcid.org/0000-0002-4950-2357>³; Cosme Marcelo Furtado Passos da Silva <https://orcid.org/0000-0001-7789-1671>²; Reinaldo Souza-Santos <https://orcid.org/0000-0003-2387-6999>⁴

Resumen Datos de mortalidad de 5 a 14 años son escasos y, a menudo, de baja calidad. La mayoría de los óbitos se consideran evitables. Determinantes sociales de la salud pueden ayudar a comprender el contexto de estas defunciones. Estudio ecológico analítico utilizó regresión geográficamente ponderada para identificar la asociación entre los determinantes sociales y los óbitos de 5 a 14 años en Mato Grosso, de 2009 a 2020. El modelo incluyó variables relacionadas a factores demográficos, geopolíticos, ambientales, condiciones de vida y acceso a servicios de salud. El modelo explicó los patrones de mortalidad en los grupos etarios. De 5 a 9 años, los óbitos fueron influenciados por factores demográficos, ambientales, geopolíticos y servicios de salud. De 10 a 14 años, los factores demográficos, ambientales y condiciones de vida se destacaron. Aunque similares, los modelos variaron en la composición y el comportamiento de las variables según la ubicación y el grupo etario. Las asociaciones más fuertes de 5 a 9 años se concentraron en las regiones noreste y sureste, caracterizadas por una gran producción de granos y fronteras estatales/internacionales. De 10 a 14 años, las asociaciones fueron heterogéneas.

Palabras clave Mortalidad, Determinantes sociales de la salud, Regresión espacial

¹ Prefeitura Municipal de Primavera do Leste. Rua Maringá 444, Centro. 78850-000 Primavera do Leste MT Brasil. moniaenfermagem@gmail.com

² Departamento de Epidemiologia e Métodos Quantitativos em Saúde, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro RJ Brasil.

³ Fiocruz Mato Grosso do Sul. Campo Grande MS Brasil.

⁴ Departamento de Endemias Samuel Pessoa, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro RJ Brasil.

Introducción

Uno de los principales retos en la investigación sobre las relaciones entre los determinantes sociales y la salud es demostrar la jerarquía entre los factores sociales, económicos y políticos, y comprender cómo sus dinámicas impactan la salud y la vida de los grupos poblacionales. Comprender esta cadena de mediaciones permite identificar problemas susceptibles de intervención y determinar dónde estas pueden ser más relevantes¹.

Especialmente en niños y adolescentes, el patrón de salud y enfermedad varía ampliamente entre poblaciones y dentro de ellas y se correlaciona con diversos determinantes (económicos, educativos, sociales, culturales, climáticos, geográficos y nutricionales), además de la industrialización, la urbanización, las frecuencias genéticas de ciertos trastornos y la infraestructura de la atención de salud².

Desde una perspectiva de salud pública, la identificación de las causas de defunción y la estimación del riesgo asociado a factores socioeconómicos permiten determinar el grado en que cada factor contribuyó a esta mortalidad. De esta manera, se puede justificar y orientar los esfuerzos públicos para reducir las inequidades en salud³.

La evidencia muestra que los programas de protección social y aquellos que promueven el acceso a servicios de atención primaria de salud han reducido la mortalidad infantil y las inequidades en salud⁴. En las capitales de los estados de Brasil, los principales determinantes de la mortalidad infantil en 2012 fueron biológicos, mediados por las condiciones socioeconómicas maternas y la atención prenatal insuficiente⁵. La tendencia de la mortalidad infantil de 2001 a 2017 mostró una correlación estadísticamente significativa con factores económicos, educativos, de saneamiento y de atención de salud en todas las regiones brasileñas⁶.

En general, se sabe poco sobre si las diferencias socioeconómicas en la mortalidad persisten en la adolescencia o se atenúan con el paso de los años, ya que los datos sobre variables sociales y mortalidad aún son escasos y de baja calidad⁷. El interés en los estudios sobre la mortalidad en menores de cinco años es innegable, dada su relevancia como indicador del estado de salud de la población. Sin embargo, el análisis de la mortalidad en los grupos de edad posteriores, de 5 a 14 años, ha justificado el énfasis reciente que se le ha dado, ya que se trata principalmente de defunciones evitables⁸⁻¹¹.

Entre 2009 y 2020, tanto en Brasil como en el estado de Mato Grosso, las defunciones de niños y adolescentes de 5 a 14 años fueron predominantemente de varones, evitables y relacionadas con causas externas, especialmente accidentes de tránsito. Contrariamente a la tendencia nacional descendente de Brasil durante el período, la tendencia de mortalidad en estos grupos de edad en Mato Grosso se clasificó como estacionaria. Esto, sumado al elevado número de defunciones en el estado, generó una alerta y la necesidad de intervención¹².

El presente estudio tuvo como objetivo identificar la variación geográfica de los factores asociados a la mortalidad en individuos de 5 a 14 años de edad en el estado de Mato Grosso, Brasil.

Materiales y métodos

Este estudio ecológico analítico utilizó regresión ponderada geográficamente (RPG) para analizar datos de mortalidad en niños y adolescentes de 5 a 14 años residentes en el estado de Mato Grosso de 2009 a 2020.

Los 141 municipios del estado se utilizaron como unidades de agregación, y el número total de defunciones en cada municipio se identificó como variable de resultado, con base en el modelo de Poisson. Para el análisis de datos, los mapas digitales se asociaron con las respectivas escalas geográficas.

Los datos de mortalidad fueron extraídos del Sistema de Información de Mortalidad (SIM), que contiene datos de los certificados de defunción (CD) emitidos en todo el país y tiene acceso abierto en el sitio web del Departamento de Tecnología de la Información del Sistema Único de Salud (DATASUS).

Los datos poblacionales y referentes a las variables explicativas fueron extraídos de los sitios web del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), de la Secretaría de Salud del Estado de Mato Grosso (SES-MT), de Mapbiomas, de e-Gestor y del propio DATASUS mediante el Tabulador de Informaciones en Salud (TabNet).

Se eligió el año 2015 como referencia para extraer datos sobre las variables de resultado, ya que representaba aproximadamente el punto medio del período objetivo. Sin embargo, algunas variables se construyeron según la información disponible, lo cual no siempre coincidía con el año de referencia.

Se generaron hojas de cálculo de Excel® con los datos estratificados por grupo de edad, de 5

a 9 años y de 10 a 14 años, y por municipio de residencia de la víctima. Si bien este es un grupo poblacional poco explorado, para este análisis, los grupos de edad se categorizaron según la estratificación utilizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), considerando las diferentes características de mortalidad entre ellos¹².

Considerando que el número total de defunciones en los municipios se utilizó como variable de resultado, se excluyeron las defunciones que no se produjeron en los dos grupos de edad durante el período objetivo. Por lo tanto, se analizaron los datos de mortalidad de 117 municipios para las defunciones de 5 a 9 años y de 125 municipios para las defunciones de 10 a 14 años.

Las posibles variables explicativas se identificaron como relevantes en la literatura, dado el marco epidemiológico teórico del resultado. Las variables se categorizaron en cinco dominios: demográficos, geopolíticos, ambientales, condiciones de vida, y acceso, cobertura y calidad de los servicios de salud.

1. Características demográficas

- Razón de sexos: esta variable representa la razón de mortalidad entre hombres y mujeres. La fuente de datos es DATASUS y la variable se clasifica como numérica (acrónimo: sexo).

- Razón de no blancos/blancos: esta variable indica la razón de mortalidad entre las poblaciones no blancas y blancas. Proviene de DATASUS y también es numérica (acrónimo: racor).

- Razón de causas subyacentes: esta variable mide las defunciones por causas externas en relación con las defunciones por todas las demás causas. Los datos se obtienen de DATASUS y la clasificación es numérica (acrónimo: cbas).

2. Características geopolíticas

- División de la Oficina Regional de Salud: esta variable categórica clasifica las regiones según la división de sus Oficinas Regionales de Salud, obtenida del SES-MT (acrónimo: ers).

- Distancia al municipio de referencia: variable numérica que representa la distancia en kilómetros a un municipio de referencia para servicios de salud de alta complejidad, según las microrregiones, obtenida del IBGE (acrónimo: ref).

- Distancia a la capital del estado: esta variable numérica mide la distancia en kilómetros a la capital del estado, también obtenida del IBGE (acrónimo: cap).

- Fronteras: variable categórica que indica la presencia de fronteras estatales o internacionales en el municipio, con datos del IBGE (acrónimo: front).

3. Características ambientales

- Densidad poblacional: indica habitantes por kilómetro cuadrado en 2010, variable numérica procedente del IBGE (acrónimo: dens).

- Alcantarillado: representa el porcentaje de la población residente con servicio de alcantarillado en 2010, variable numérica procedente del IBGE (acrónimo: sanit).

- Mejoramiento de calles: esta variable mide la presencia y calidad de la infraestructura vial en los alrededores de los hogares en 2010, clasificada como numérica y procedente del IBGE (acrónimo: urb).

- Superficie agrícola: indica hectáreas dedicadas a la agricultura en 2017, variable numérica procedente del IBGE (acrónimo: agri).

- Proximidad a las operaciones mineras: variable categórica que representa la menor distancia a un municipio con actividad minera durante el período objetivo, procedente de Mapiomas (acrónimo: garimp1).

4. Condiciones de vida

- Índice de Desarrollo Humano (IDH): esta variable numérica refleja el Índice de Desarrollo Humano de 2010, basado en el IBGE (acrónimo: idh).

- Índice de Desarrollo de la Educación Básica (IDEB): Variable numérica que indica el IDEB de 2015, con datos del IBGE (acrónimo: ideb).

- Tasa de mortalidad por todas las causas (ACMR): representa el total de defunciones en todos los grupos de edad durante el período, por población en el período medio, multiplicado por 100.000. La fuente es DATASUS y es numérica (acrónimo: cgm).

- Tasa de Homicidios: esta variable indica el total de defunciones con causas subyacentes de la CIE X85 a Y09 y de Y35 a Y36, por población en el período medio, multiplicado por 100.000, basado en DATASUS (acrónimo: homic).

5. Acceso, cobertura y calidad de los servicios de salud

- Cobertura de atención primaria (APS): refleja el porcentaje de la población residente con cobertura de atención primaria en 2015. Este dato numérico proviene de e-Gestor (acrónimo: aps).

- Cobertura de vacunación: porcentaje de vacunas que alcanzaron la cobertura ideal en 2015, variable numérica de DATASUS (acrónimo: vaci).

- Camas hospitalarias: representa el número de camas de hospitalización general en 2015, clasificadas numéricamente y obtenidas de DATASUS (acrónimo: leitgeral).

- Camas pediátricas: indica el número de camas de hospitalización pediátrica en 2015, variable numérica de DATASUS (acrónimo: leitped).

- Camas de urgencia pediátrica: número de camas de urgencia pediátrica en 2015, variable numérica de DATASUS (acrónimo: leitur).

- SAMU: variable categórica que indica la presencia o ausencia de equipos móviles de atención médica de urgencia durante el periodo, con datos de DATASUS (acrónimo: samu).

Se realizó un análisis de regresión para comprobar la asociación entre la variable de resultado y las variables explicativas, utilizando el software R (R Project for Statistical Computing, versión 4.2.2. RBase). Inicialmente, todas las variables propuestas en el modelo teórico se sometieron a una regresión de Poisson simple. La magnitud de la asociación se estimó con un intervalo de confianza del 80% y un nivel de significancia del 20%.

Las variables seleccionadas en la primera etapa se incluyeron en el modelo final completo mediante regresión multivariante (Modelo Lineal Generalizado – MLG), con un 5% de significancia y un intervalo de confianza del 95%. Además de la significancia estadística, también se consideró el marco teórico como criterio para mantener las variables en el modelo final, construido mediante el método de pasos hacia atrás.

Para evaluar la variabilidad geográfica de los datos y probar el ajuste de los modelos, las variables del modelo de regresión multivariante final se sometieron a una regresión ponderada geográficamente, utilizando el software GWR (Geographically Weighted Modelling, versión 4.09). Este tipo de análisis pretende verificar el grado en que el modelo de regresión (controlado/ajustado por factores geográficos) puede explicar el resultado, ya que los fenómenos pueden sufrir cambios según el lugar donde se estudien, potencialmente caracterizados como factores protectores o de riesgo, según el coeficiente de regresión calculado¹³.

La autocorrelación espacial de los residuos del MLG se evaluó mediante el índice de Moran para determinar si persistía, lo que justificaba la aplicación del GWR. Tras ajustar el modelo GWR, se recalculó el índice de Moran para evaluar si persistía la autocorrelación. Se empleó una matriz de contigüidad de primer orden. Al tratarse de una prueba de permutación, el resultado se evaluó mediante el pseudovalor p. La comparación de modelos y selección del modelo que mejor explica la mortalidad de 5 a 14 años en el estado de Mato Grosso utilizó el

análisis del Criterio de Información de Akaike (CIA).

Se utilizó el software QGIS Desktop versión 3.22.4, disponible gratuitamente en el sitio web del IBGE, para generar mapas que vinculan los resultados de los análisis de regresión de GWR con las cuadrículas cartográficas de los municipios. Las estimaciones de regresión se categorizaron en niveles y se mostraron con diferentes intensidades de color en los mapas. Luego de los análisis de regresión, se construyeron modelos explicativos para las variables asociadas a la mortalidad en cada grupo de edad.

Por tratarse de un análisis de datos secundarios de dominio público y de libre acceso, sin identificación de individuos, el estudio recibió una Exención de Revisión Ética (n° 09/2022) del Comité de Revisión Institucional de la Escuela Nacional de Salud Pública, Fundación Oswaldo Cruz (Fiocruz), Río de Janeiro, Brasil.

Resultados

Entre 2009 y 2020, se registraron 2068 defunciones de niños y adolescentes de 5 a 14 años en el estado de Mato Grosso. El perfil de mortalidad fue similar entre los grupos de 5 a 9 años y de 10 a 14 años: predominio del sexo masculino, raza o color de piel pardos, y causas externas como causa subyacente, principalmente accidentes de tránsito.

Las defunciones de personas de 5 a 9 años se distribuyeron en 117 (83%) municipios del estado de Mato Grosso, según los registros de residencia. La mayor razón de mortalidad entre hombres y mujeres se observó en el municipio de Campinápolis (8,0); la mayor razón entre personas de raza blanca y no blanca se identificó en Barra do Garças (8,5), ambos ubicados en el noreste de Mato Grosso; y el municipio con la mayor razón entre causas externas y otras causas de defunción fue São José do Rio Claro (3,0), en el norte del estado.

Se registraron defunciones en niños y adolescentes de 10 a 14 años residentes en 125 (88,7%) municipios de Mato Grosso. Chapada dos Guimarães, en la zona centro-sur de Mato Grosso, presentó la mayor razón de sexos (8,0); Nobres tuvo la mayor razón de blancos/no blancos (10,0); y Campo Novo do Parecis, la mayor razón de causas externas sobre otras causas (6,0); estos dos últimos municipios se ubican en el norte de Mato Grosso.

Treinta y cinco (24,8%) de los 141 municipios del estado de Mato Grosso tienen fronte-

ras estatales o internacionales, 22 (15,6%) tienen actividad minera, 121 (85,8%) carecen de camas de urgencia pediátrica y 24 (17,0%) son o han sido sedes de servicios médicos móviles de emergencia durante el período objetivo. El municipio más alejado de su referencia es Rondolândia, a 600 kilómetros de Pontes e Lacerda; y el municipio más alejado de la capital del estado (Cuiabá) es Santa Cruz do Xingu, a 1380 kilómetros.

El patrón de mortalidad identificado en el estado puede explicarse por variables que abarcan la mayoría de los aspectos contemplados en el modelo teórico propuesto. Dieciocho de las 20 variables sometidas a regresión simple cumplieron los criterios e ingresaron al modelo multivariado para el grupo de edad de 5 a 9 años,

mientras que 17 cumplieron los criterios para el grupo de 10 a 14 años.

En el grupo de 5 a 9 años, se mantuvieron seis variables en el modelo final: dos (33,3%) relacionadas con factores demográficos, una (16,7%) con factores geopolíticos, dos (33,3%) relacionadas con factores ambientales y una (16,7%) con el acceso y la calidad de los servicios de salud. De estas, la distancia a la capital del estado y la presencia de un servicio médico de emergencia móvil fueron los únicos factores que mostraron asociaciones negativas, lo que indica un mayor número de defunciones en zonas cercanas a la capital del estado y atendidas por el servicio médico de emergencia móvil (SAMU); todos los demás mostraron asociaciones positivas (Tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento de las variables y comparación de los modelos de regresión utilizados para analizar la asociación entre factores sociodemográficos y número de defunciones de 5 a 9 años de edad en los municipios del estado de Mato Grosso, Brasil, 2009 a 2020.

Factor	Variable	MLG – modelo completo				MLG – modelo final				RPG – modelo final		
		β	EE	T	valor de p	β	EE	T	valor p	β med	β min	β max
Demográfico	Razón de sexos	0,10	0,03	3,18	< 0,01*	0,13	0,03	4,50	< 0,01*	0,13	0,12	0,13
Demográfico	Razón de causas subyacentes	0,13	0,07	1,95	0,05*	0,16	0,06	2,52	0,01*	0,15	0,12	0,18
Geopolítico	Distancia a la capital del estado	-0,01	0,01	-2,53	0,01*	0,01	0,01	2,67	0,01*	-0,01	0,01	-0,01
Ambiental	Densidad poblacional	0,01	0,01	1,93	0,05*	0,01	0,01	1,47	0,14	0,01	0,01	0,01
Ambiental	Presencia de fronteras	0,18	0,11	1,61	0,11	0,18	0,10	1,92	0,05*	0,20	0,09	0,24
Salud	Presencia de SAMU HQ	-0,20	0,12	-1,68	0,09	-0,19	0,09	-2,10	0,04*	-0,18	-0,2	-0,15
Demográfico	Razón blancos y no blancos	0,02	0,03	0,63	0,53							
Geopolítico	División de la Oficina Regional de Salud	0,01	0,01	0,21	0,84							
Geopolítico	Distancia al municipio de referencia	-0,01	0,01	-0,68	0,50							
Ambiental	Superficie agrícola	0,01	0,01	0,57	0,57							
Ambiental	Eliminación de aguas residuales	-0,01	0,01	-1,03	0,31							
Ambiental	Mejora de calles	0,01	0,01	-0,06	0,95							
Ambiental	Proximidad a las operaciones mineras	0,01	0,01	0,98	0,32							
Condiciones de vida	Tasa de homicidios	0,05	0,04	1,45	0,15							
Condiciones de vida	Tasa de mortalidad por todas las causas	-0,01	0,01	-0,06	0,95							
Condiciones de vida	Índice de desarrollo humano	-1,51	1,50	-1,00	0,32							
Salud	Cobertura de APS	0,01	0,01	0,47	0,64							
Salud	Camas de urgencia pediátrica	0,01	0,01	0,70	0,49							
CIA		535,79				517,68				140,95		

Notas: MLG – modelo lineal generalizado; RPG – regresión ponderada geográficamente; β – coeficiente de regresión; EE – error estándar; T – estadística t; CIA – criterio de información de Akaike.

Fuente: Autores, 2023.

En el grupo de edad de 10 a 14 años, seis variables también permanecieron en el modelo final: dos (33,4%) relacionadas con factores demográficos, dos (33,3%) con factores ambientales y dos (33,3%) con condiciones de vida. De estas, la presencia de una frontera estatal o internacional y el índice de desarrollo humano (IDH) mostraron asociaciones negativas; todas las demás mostraron asociaciones positivas (Tabla 2).

Considerando las variables en los modelos MLG finales, el cálculo del índice de Moran de los residuos mostró una autocorrelación espacial significativa tanto en el grupo de edad más joven (Moran'I = 0,04; pseudo p-valor = 0,04) como en el grupo de mayor edad (Moran'I = 0,04; pseudo p-valor 0,03), justificando el ajuste

por GWR. En el grupo de edad de 5 a 9 años, el modelo MLG mostró un CIA de 517,68, mientras que el modelo GWR mostró un CIA de 140,95 (Tabla 1). En el grupo de 10 a 14 años, el modelo MLG mostró un CIA de 617,7, mientras que el modelo GWR mostró un CIA de 190,28 (Tabla 2). Con base en los criterios, el estudio mostró que el modelo GWR fue superior al modelo MLG para explicar la mortalidad en niños y adolescentes de Mato Grosso en ambos grupos de edad.

La prueba del índice de Moran mostró que no hubo autocorrelación espacial en los modelos GWR ni en el grupo de 5 a 9 años (Moran'I = 0,02; pseudo valor p = 0,32; permutación = 99) ni en el grupo de 10 a 14 años (Moran'I = 0,02; pseudo valor p = 0,29; permutación = 99), con-

Tabla 2. Comportamiento de las variables y comparación de los modelos de regresión utilizados para analizar la asociación entre factores sociodemográficos y el número de defunciones de 10 a 14 años de edad en los municipios del estado de Mato Grosso, Brasil, 2009 a 2020.

Factor	Variable	MLG – modelo completo				MLG – modelo final				RPG – modelo final		
		β	EE	T	valor p	β	EE	T	valor p	β med	β min	β max
Demográfico	Razón de sexos	0,07	0,02	2,88	< 0,01*	0,07	0,02	3,36	< 0,01*	0,07	0,07	0,08
Demográfico	Razón blancos y no blancos	0,07	0,02	2,88	< 0,01*	0,07	0,02	3,52	< 0,01*	0,07	0,06	0,07
Ambiental	Presencia de fronteras	-0,16	0,10	-1,70	0,09	-0,15	0,09	-1,72	0,08	-0,14	-0,25	-0,06
Ambiental	Superficie agrícola	0,00	0,01	1,53	0,13	0,01	0,00	1,62	0,11	0,01	-0,01	0,01
Condiciones de vida	Tasa de homicidios	0,06	0,03	1,96	0,05*	0,05	0,03	1,91	0,06	0,06	0,04	0,08
Condiciones de vida	Índice de desarrollo humano	-1,96	1,26	-1,55	0,12	-2,10	0,70	-3,00	< 0,01*	-2,40	-3,05	-1,11
Demográfico	Razón de causas subyacentes	0,02	0,03	0,73	0,46							
Geopolítico	Distancia a la capital del estado	-0,01	0,01	-0,61	0,54							
Geopolítico	Distancia al municipio de referencia	-0,01	0,01	-1,07	0,29							
Ambiental	Densidad poblacional	0,01	0,01	0,95	0,34							
Ambiental	Eliminación de aguas residuales	0,01	0,01	-1,53	0,13							
Ambiental	Mejora de calles	0,01	0,01	0,06	0,95							
Ambiental	Proximidad a las operaciones mineras	0,01	0,01	0,08	0,95							
Condiciones de vida	Tasa de mortalidad por todas las causas	0,01	0,01	-0,22	0,83							
Salud	Servicio médico de emergencia móvil	-0,09	0,09	-1,02	0,31							
Salud	Cobertura de APS	0,01	0,01	-0,46	0,65							
Salud	Camas de urgencia pediátrica	0,01	0,01	0,29	0,77							
CIA		632,28				616,7				190,28		

Notas: MLG – modelo lineal generalizado; RPG – regresión ponderada geográficamente; β – coeficiente de regresión; EE – error estándar; T – estadística t; CIA – criterio de información de Akaike.

Fuente: Autores, 2023.

firmando así que no hubo dependencia espacial en los residuos.

Al vincular los coeficientes de mortalidad con las variables explicativas y las coordenadas geográficas, se identificó un patrón heterogéneo de mortalidad en niños y adolescentes de 5 a 14

años en Mato Grosso, según la estratificación por grupo de edad, la variabilidad geográfica y las características asociadas a estas defunciones. Los mapas representan la variabilidad geográfica de los factores asociados a la mortalidad de 5 a 9 años (Figura 1) y de 10 a 14 años (Figura 2).

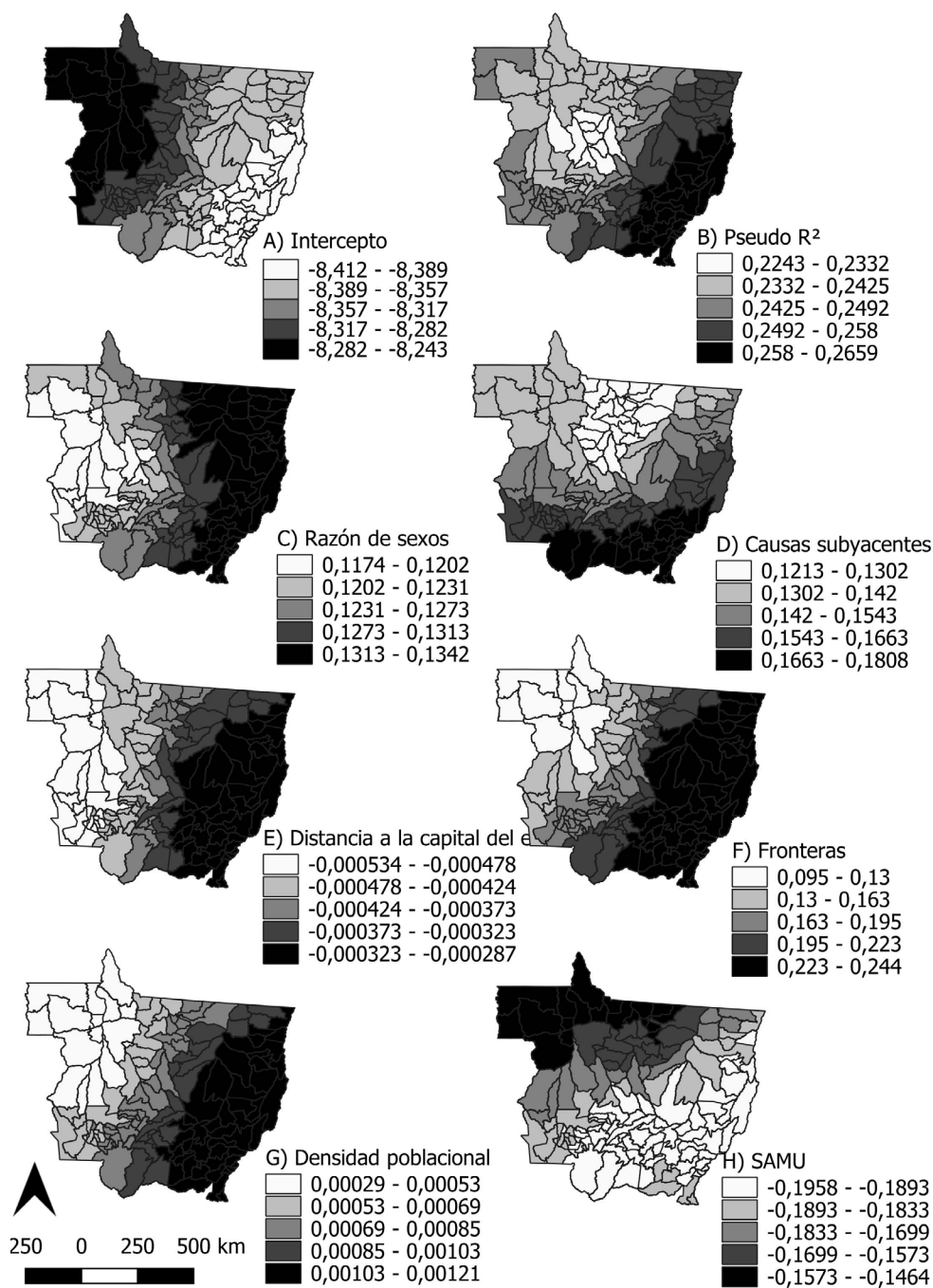


Figura 1. Estimación de parámetros de regresión ponderada geográficamente de factores asociados con defunciones de 5 a 9 años en Mato Grosso, Brasil, 2009-2020.

Fuente: Autores, 2023.

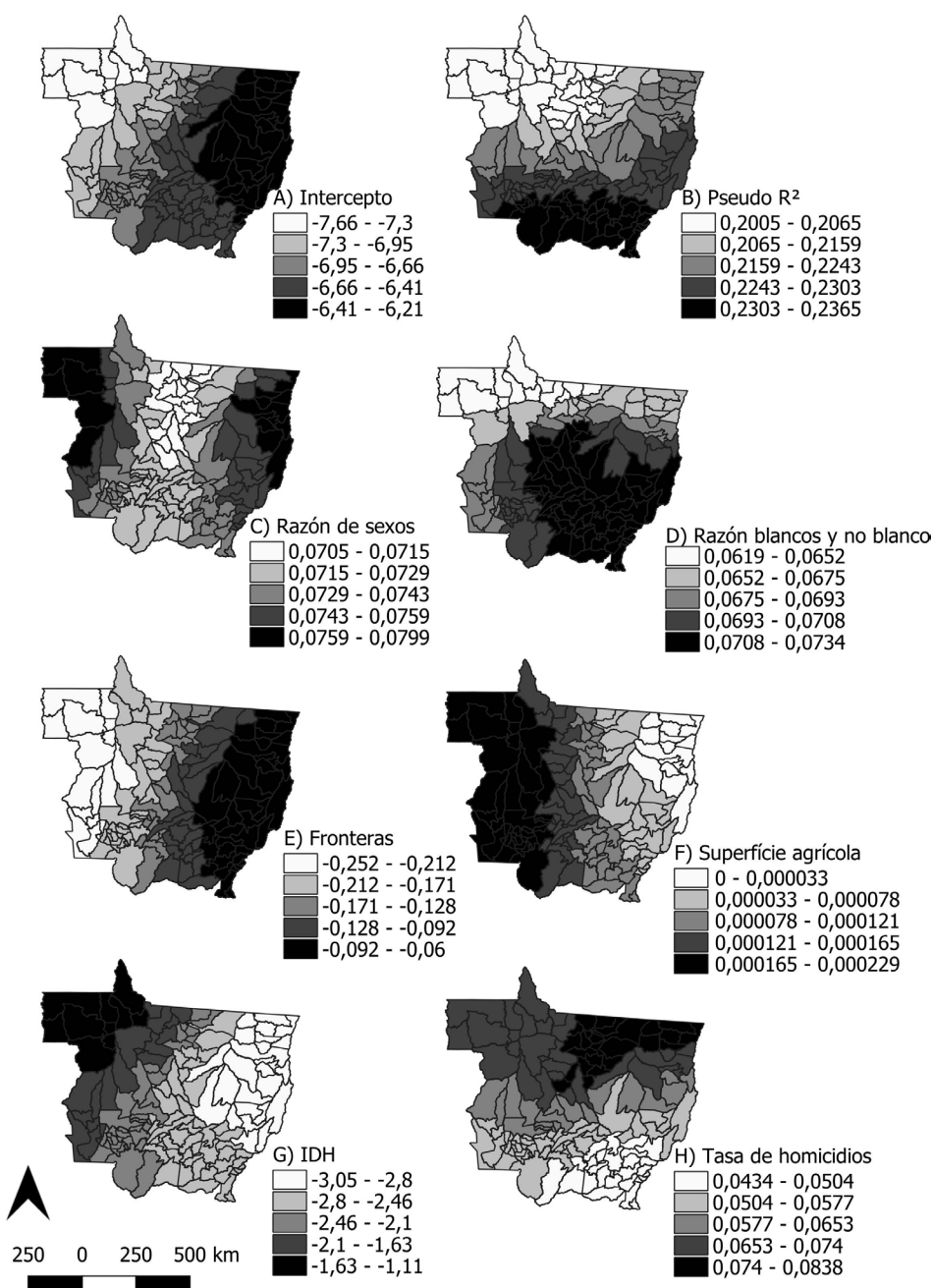


Figura 2. Estimación de parámetros de regresión ponderada geográficamente de factores asociados con defunciones de 10 a 14 años en Mato Grosso, Brasil, 2009-2020.

Fuente: Autores, 2023.

Los valores de la desviación porcentual local explicada (pdev), también conocida como pseudo- R^2 , mostraron la idoneidad de los modelos resultantes en cuanto a los factores locales asociados con los dos grupos de edad. Entre los 5 y los 9 años, las asociaciones más fuertes se observaron en las mesorregiones noreste y su-

reste de Mato Grosso (Figura 1B), mientras que en el grupo de 10 a 14 años, las mesorregiones centro-sur y sureste mostraron las asociaciones más fuertes (Figura 2B).

El análisis de la asociación con los factores demográficos, representados por la razón de sexos y la razón de causas subyacentes (5 a 9

años) y la razón de sexos y la razón no blancos/blancos (10 a 14 años de edad) mostró que si bien todas las asociaciones fueron positivas, las variables se comportaron de manera geográficamente heterogénea entre los dos grupos de edad (Figuras 1C, 1D, 2C y 2D).

La asociación con factores geopolíticos sólo se observó en las defunciones de 5 a 9 años, donde la distancia a la capital del estado mostró una asociación negativa, concentrada en las mesorregiones sureste y noreste de Mato Grosso (Figura 1E).

En cuanto a los factores ambientales, la presencia de una frontera estatal o internacional se asoció positivamente con las defunciones en el grupo de edad de 5 a 9 años (Figura 1F) y negativamente en el grupo de 10 a 14 años (Figura 2E), tanto en las mesorregiones noreste como sureste de Mato Grosso. En estas mesorregiones, también se observó una asociación positiva entre la densidad poblacional y las defunciones en niños pequeños (Figura 1G). Por otro lado, en las mesorregiones norte y suroeste del estado, se observó una asociación más fuerte entre las zonas agrícolas y las defunciones en niños mayores (Figura 2F).

La asociación con factores relacionados con las condiciones de vida sólo se observó en el

grupo de 10 a 14 años; hubo una asociación negativa con el IDH, prevalente en la mesorregión norte (Figura 2G), y una asociación positiva con la tasa de homicidios, prevalente en las mesorregiones norte y noreste (Figura 2H).

Finalmente, el análisis de los factores relacionados con el acceso, la cobertura y la calidad de los servicios de salud mostró una asociación negativa entre las defunciones en el grupo de 5 a 9 años y la presencia de una sede móvil de servicios médicos de urgencia, con la asociación más fuerte en la mesorregión norte del estado (Figura 1H). Los modelos explicativos basados en el análisis de regresión de las variables asociadas con la mortalidad en ambos grupos de edad (Figura 3) ilustran las diferencias identificadas en este estudio.

Discusión

Entre 2009 y 2020, la mortalidad infantil y adolescente en el estado de Mato Grosso, Brasil, se asoció con determinantes sociales de la salud. Los modelos de regresión identificaron una asociación entre las defunciones en el grupo de 5 a 9 años y variables demográficas, geopolíticas, ambientales y de servicios de salud, mientras que

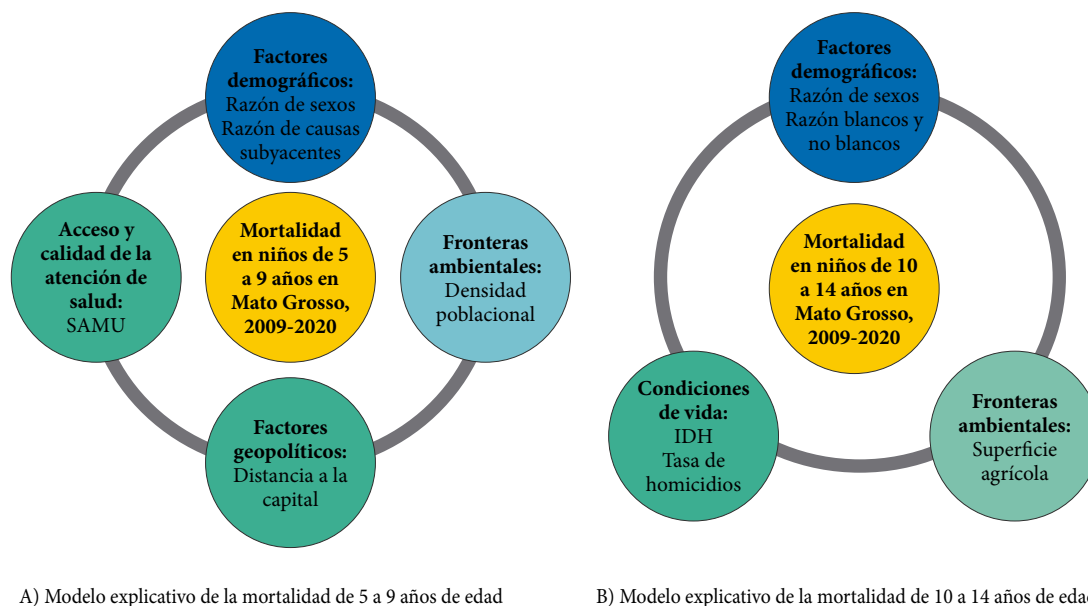


Figura 3. Modelos explicativos de los determinantes sociales asociados a la mortalidad de 5 a 14 años en el estado de Mato Grosso, Brasil, de 2009 a 2020.

Fuente: Autores, 2023.

las defunciones en el grupo de 10 a 14 años se asociaron con variables demográficas, ambientales y de condiciones de vida (Figura 3). Por lo tanto, los resultados mostraron que, durante el período objetivo, las diferencias socioeconómicas previamente reportadas en la mortalidad infantil^{4,6,7} persistieron en la mortalidad infantil y adolescente en Mato Grosso.

El modelo con mayor capacidad para explicar las asociaciones entre variables fue el GWR. Considerando los criterios establecidos en este estudio, el GWR superó al MLG. En el análisis de bondad de ajuste de los modelos de regresión, el CIA puede utilizarse para medir el rendimiento, ya que representa la precisión del modelo; valores más bajos indican un mejor ajuste y calidad. El índice de Moran puede utilizarse para facilitar la evaluación del rendimiento del modelo explicativo, ya que evalúa la autocorrelación espacial de los residuos del modelo, con un rango de -1 a 1^{14,15}.

Si bien las características explicativas de los modelos son similares, se observaron diferencias en la composición y el comportamiento de las variables según el grupo de edad y el espacio geográfico. Considerando que muchos fenómenos pueden relacionarse con el territorio, donde no se distribuyen simplemente de forma aleatoria,¹⁴ GWR estima un conjunto de parámetros de regresión para cada ubicación, lo que permite identificar la variación de los parámetros en un territorio determinado¹⁵.

El análisis de asociaciones (considerando la variabilidad geográfica de los datos) permitió identificar que, entre los 5 y los 9 años de edad, las asociaciones más fuertes se concentraron en las mesorregiones noreste y sureste de Mato Grosso, con una economía agrícola predominantemente cerealera y fronteriza con otros estados de Brasil. En el grupo de edad de 10 a 14 años, la distribución de las asociaciones para cada variable resultó ser bastante heterogénea, lo que caracteriza la relevancia y la magnitud de las asociaciones entre los determinantes sociales de la salud (DSS) y las defunciones de niños, niñas y adolescentes en cada área.

El modelo explicativo de las defunciones en el grupo de 5 a 9 años mostró que el resultado se explicaba principalmente por factores demográficos y ambientales, con cierta contribución de los ámbitos geopolítico y sanitario. Las defunciones entre los 10 y los 14 años se explicaron igualmente por variables demográficas, ambientales y de condiciones de vida.

Así, en ambos grupos de edad, la mayoría de las asociaciones identificadas, tanto positivas

como negativas, tienen sentido desde el punto de vista teórico y epidemiológico, considerando la evidencia documentada sobre la relación entre los determinantes sociales de la salud y la mortalidad de 5 a 14 años de edad⁹⁻¹¹ y en otros grupos poblacionales^{4,6,7}. Sin embargo, las dudas que aparecieron con la identificación de asociaciones inesperadas ameritan mayor investigación y prueba con otros métodos analíticos.

En general, las asociaciones positivas esperadas se relacionaron con la razón de sexos, la razón de causas subyacentes, la densidad poblacional, la tasa de homicidios y la superficie agrícola, mientras que las asociaciones negativas se enfocaron en la distancia a la capital del estado, el IDH y la presencia de una sede de un servicio médico móvil de emergencia. Una variable que destacó en el análisis fue la presencia de fronteras estatales o internacionales, que se asoció positivamente con las defunciones de 5 a 9 años y negativamente con las de 10 a 14 años.

El conjunto de variables explicativas asociadas a las defunciones en el grupo de edad de 5 a 9 años (razón de sexos y de causas subyacentes, distancia a la capital del estado, densidad poblacional, presencia de fronteras y servicio médico de emergencia móvil) también puede explicarse por el hecho de que durante el período objetivo, debido a la heterogeneidad de la distribución poblacional del estado, la mayor concentración de defunciones en ese grupo de edad se dio en la microrregión de la capital del estado, Cuiabá¹⁶.

Entre 2007 y 2016, la Baixada Cuiabana (14 municipios periféricos de la Gran Cuiabá Metropolitana) fue la región con menor tendencia de descenso de la mortalidad infantil en Mato Grosso, lo que llevó a los autores a advertir sobre una posible reversión de la lógica del Sistema Único de Salud (SUS), en el que las mayores inversiones se han destinado a servicios de mediana y alta complejidad, normalmente disponibles en regiones con mejores indicadores socioeconómicos, lo que estimula la búsqueda de una “puerta de entrada” paralela al sistema de salud¹⁷. Esta tendencia también reproduce las inequidades en salud que de lo contrario deberían mitigarse.

Este cuestionamiento también puede atribuirse al contexto de defunciones de 5 a 9 años analizado en este estudio, ya que la morbilidad y la mortalidad de los niños de este grupo de edad se ven influenciadas por las intervenciones dirigidas a los menores de 5 años.^{10,11} En el caso de las defunciones entre 10 y 14 años de edad, las variables explicativas (razón de sexos y de blancos/no blancos, presencia de fronteras,

superficie agrícola, tasa de homicidios e IDH) también pueden explicarse por el crecimiento del agronegocio y los conflictos socioambientales prevaletes en Mato Grosso.

Mato Grosso ocupa el primer lugar entre los estados del Centro-Oeste de Brasil en cuanto a conflictos agrarios. La modernización agrícola intensiva desde la década de 1970 ha sido el principal factor del crecimiento poblacional del estado. La mejora de la producción agrícola para abastecer los mercados nacionales e internacionales requiere maquinaria agrícola cada vez más compleja y moderna, lo que resulta en una disminución de la demanda laboral y la intensificación del éxodo rural que, a su vez, genera subempleo en el mercado informal y contribuye al crecimiento caótico de las zonas urbanas periféricas y al aumento de las desigualdades sociales¹⁸.

Además, las características de las defunciones resaltan la relevancia de la carretera federal BR-163 en este contexto. La carretera BR-163 conecta municipios con una fuerte jerarquía urbana y sirve como la principal ruta de comercialización de productos agrícolas para Mato Grosso, el principal estado productor de granos de Brasil. El desarrollo de muchos municipios ubicados a lo largo de la carretera se debió al intenso flujo migratorio hacia la frontera agrícola y las zonas mineras del estado^{19,20}.

Es importante destacar que los estudios ecológicos que analizan la asociación entre factores sociales, económicos y/o ambientales y resultados con múltiples causas pueden ver sus resultados influenciados por la definición de la escala geográfica, la unidad de agregación de datos y el período analítico objetivo. Por lo tanto, es posible obtener diversas asociaciones entre las variables, dependiendo de la escala geográfica respectiva²¹.

Este estudio analizó datos secundarios, por lo que no fue posible descartar errores en la cumplimentación de los certificados de defunción, la información en las fuentes de datos ni la inserción de datos en el Sistema Integrado de Información sobre Mortalidad (SIM). Otra limitación fue la falta de datos actualizados para algunas variables explicativas: debido al retraso del Censo de Población, programado originalmente para 2020, algunos datos podrían no ser totalmente fiables en relación con el período objetivo.

Sin embargo, la principal limitación del estudio requirió la exploración de nuevas estrategias metodológicas: el análisis de eventos poco frecuentes o pequeñas unidades de análisis. Por

lo tanto, el estudio demuestra el potencial de las opciones metodológicas y su aplicabilidad, dada la disponibilidad de las herramientas y la gran similitud del contexto en diferentes regiones de Brasil y otros países.

Considerando las características de estas defunciones en el estado (por causas externas, especialmente accidentes de tránsito),¹² la combinación del conjunto de variables explicativas tiene sentido epidemiológico, ya que cerca del 60% de la población de Mato Grosso vive a más de dos horas del hospital de referencia para trauma más cercano, lo que supera el tiempo máximo para acceder a los servicios de tratamiento en casos complejos, disminuyendo así potencialmente la probabilidad de recuperación de las víctimas de accidentes y agresiones²².

Dada la alta proporción de defunciones evitables en los grupos de edad analizados aquí¹², la identificación de asociaciones entre la mortalidad evitable y los determinantes sociales de salud corrobora la necesidad de intervenciones multisectoriales. El análisis de la magnitud de estas asociaciones en cada lugar permite el desarrollo de estrategias más focalizadas, una mejor asignación de recursos y resultados más satisfactorios en la reducción de las desigualdades sociales que contribuyen a las defunciones en niños, niñas y adolescentes.

Colaboradores

Todos los autores contribuyeron al diseño del proyecto de investigación, al análisis e interpretación de los datos, a la redacción del artículo y a la revisión crítica pertinente del contenido intelectual y a la aprobación de la versión final para su publicación.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Postgraduate Program in Epidemiology and Public Health of the Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP/Fiocruz) for the institutional and academic support that made the development of this research possible.

Declaración de disponibilidad de datos

Las fuentes de datos utilizadas en la investigación se indican en el cuerpo del artículo.

Referencias

1. Buss PM, Pellegrini Filho A. Saúde e seus Determinantes Sociais. *Cien Saude Colet* 2007; 17(1):77-79.
2. Goldani MZ, Mosca PRF, Portela AK, Silveira PP, Silva CH. O impacto da transição demográfico-epidemiológica na saúde da criança e do adolescente do Brasil. *Clin Biomed Res* 2012; 32(1):49-57.
3. Jung-Choi K, Khang YH. Contribution of different causes of death to socioeconomic mortality inequality in Korean children aged 1e9: findings from a national mortality follow-up study. *J Epidemiol Community Health* 2011; 65:124-129.
4. Rasella D, Basu S, Hone T, Paes-Sousa R, Ocké-Reis CO, Millett C. Child morbidity and mortality associated with alternative policy responses to the economic crisis in Brazil: a nationwide microsimulation study. *PLoS Med* 2018; 15(5): e1002570.
5. Maia LTS, Souza WV, Mendes ACG. Determinantes individuais e contextuais associados à mortalidade infantil nas capitais brasileiras: uma abordagem multinível. *Cad Saude Publica* 2020; 36(2):e00057519.
6. Marinho CSR, FlorTBM, Pinheiro JMF, Ferreira MAF. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: impacto de ações assistenciais e mudanças socioeconômicas e sanitárias na mortalidade de crianças. *Cad Saude Publica* 2020; 36(10):e00191219.
7. Oliveira ZAR, Bettiol H, Gutierrez MRP, Silva AAM, Barbieri MA. Factors associated with infant and adolescent mortality. *Braz J Med Biol Res* 2007; 40(9):1245-1255.
8. França EB, Lansky S, Rego MAS, Malta DC, França JS, Teixeira R, Porto D, Almeida MF, Souza MFM, Szwarcwald CL, Mooney M, Naghavi M, Vasconcelos AMN. Principais causas da mortalidade na infância no Brasil, em 1990 e 2015: estimativas do estudo de Carga Global de Doença. *Rev Bras Epidemiol* 2017; 20(1):46-60.
9. Fadel SA, Boschi-Pinto C, Yu S, Reynales-Shigematsu LM, Menon GR, Newcombe L, Strong KL, Wang Q, Jha P. Trends in cause-specific mortality among children aged 5-14 years from 2005 to 2016 in India, China, Brazil, and Mexico: an analysis of nationally representative mortality studies. *Lancet* 2019; 393(10176):1119-1127.
10. Masquelier B, Hug L, Sharrow D, You D, Hogan D, Hill K, Liu J, Pedersen J, Alkema L, on behalf of the United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. Global, regional, and national mortality trends in older children and young adolescents (5-14 years) from 1990 to 2016: an analysis of empirical data. *Lancet Glob Health* 2018; 6(10):e1087-e1099.
11. Hill K, Zimmerman L, Jamison DT. Mortality risks in children aged 5-14 years in low-income and middle-income countries: a systematic empirical analysis. *Lancet Glob Health* 2015; 3(10):609-616.
12. Lima MM, Favacho ARM, Souza-Santos R, Gama SGN. Características e tendência temporal das taxas de mortalidade de crianças e adolescentes em Mato Grosso e no Brasil, 2009 a 2020. *Epidemiol Serv Saude* 2022; 31(3):e2022491.
13. Sousa GJB, Monte GLA, Sousa DG, Maranhão TA, Pereira MLD. Padrão espaço-temporal e fatores associados à incidência de tuberculose: um estudo ecológico. *Rev Bras Epidemiol* 2022; 25:E22000.
14. Alves EDL, Galvani E. Modelagem da ilha de calor urbana de superfície utilizando regressão geograficamente ponderada (GWR). *Rev Bras Climatol* 2021; 17(28):718-742.
15. Middy AI, Roy S. Geographically varying relationships of COVID-19 mortality with different factors in India. *Sci Rep* 2021; 11(1):7890.
16. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS [Internet]. [acessado 2022 mar 13]. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br>
17. Bonati AF, Silva AMC, Muraro AP. Mortalidade infantil em Mato Grosso, Brasil: tendência entre 2007 e 2016 e causas de morte. *Cien Saude Colet* 2020; 25(7):2821-2830.
18. Silva MG, Dalla Nora, G. Conflitos socioambientais em Mato Grosso. In: *XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia*; 2021; Mato Grosso. p. 1-17.
19. Instituto Brasileiro de Logística (Brasil). Estudo Técnico da Rodovia Federal BR-163 [Internet]. 2021. [acessado 2025 ago 3]. Disponível em: <https://ibll.org.br/wp-content/uploads/2021/05/Estudo-Tecnico-da-Rodovia-BR-163.pdf>
20. Reis CC, Romancini SR. A urbanização do território e da sociedade na br-163 (Cuiabá-Santarém). *Rev Matogrossense Geogr* 2007; 10(1):11-36.
21. Gracie R, Barcellos C, Magalhães M, Souza-Santos R, Barrocas PRG. Geographical scale effects on the analysis of leptospirosis determinants. *Int J Environ Res Public Health* 2014; 11(10):10366-10383.
22. Oliveira RAD, Xavier DR, Silva MG, Noronha JC. Acessibilidade Geográfica a serviços de saúde para atendimento ao trauma complexo no Brasil – primeira abordagem [Internet]. 2018 [acessado 2025 out 13]. Disponível em: <https://homologacao-saudeamanha.iciict.fiocruz.br/wp-content/uploads/2019/08/OLIVEIRA-RICARDO-et-al-Acessibilidade-geogra%CC%81fica-atendimento-trauma-complexo-primeira-abordagem-dezembro-2018.pdf>

Artículo presentado en 03/09/2024

Aprobado en 27/04/2025

Versión final presentada en 29/04/2025

Editores jefes: Maria Cecília de Souza Minayo, Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva, Vania de Matos Fonseca