



ARTIGO ORIGINAL



Incidência de tuberculose no Brasil: análise de série temporal entre 2001 e 2021 e projeção até 2030

Tuberculosis incidence in Brazil: time series analysis between 2001 and 2021 and projection until 2030

Marcus Tolentino Silva^I , Taís Freire Galvão^{II}

^IUniversidade de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Departamento de Saúde Coletiva – Brasília (DF), Brasil.

^{II}Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Campinas (SP), Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a incidência de tuberculose no Brasil entre 2001 e 2022 e estimar a previsão de incidência mensal até 2030.

Métodos: Trata-se de estudo de série temporal que partiu de registros mensais de tuberculose do Sistema de Informação de Agravos de Notificação e projeções oficiais da população brasileira. Avaliou-se a incidência mensal de tuberculose entre 2001 e 2022 por meio de regressão linear segmentada para identificar quebras de tendências. Utilizou-se o modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonais (Sarima) para prever a incidência mensal de 2023 a 2030, prazo para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). **Resultados:** Observou-se diminuição da incidência entre janeiro/2001 e dezembro/2014 (de 4,60 para 3,19 casos-mês/100 mil habitantes; $\beta=-0,005$; $p<0,001$), seguida de aumento entre janeiro/2015 e março/2020 ($\beta=0,013$; $p<0,001$). Houve queda abrupta de casos em abril/2020, com início da pandemia e aceleração do aumento de casos desde então ($\beta=0,025$; $p<0,001$). Projetaram-se 124.245 casos de tuberculose em 2030, com incidência estimada em 4,64 casos-mês/100 mil habitantes, patamares da década de 2000. O modelo Sarima mostrou-se robusto, com erro de 4,1% ao remover o período pandêmico.

Conclusão: A tendência decrescente nos casos de tuberculose foi revertida a partir de 2015, período de crises econômicas, e foi também impactada pela pandemia quando houve redução nos registros. O modelo Sarima pode ser uma ferramenta de previsão útil para a vigilância epidemiológica. Maiores investimentos na prevenção e controle precisam ser aportados para reduzir a ocorrência de tuberculose, em linha com os ODS.

Palavras-chave: Tuberculose. Incidência. Modelos epidemiológicos. Análise de séries temporais interrompida.

AUTOR CORRESPONDENTE: Marcus Tolentino Silva. Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, sala AT 103/33, CEP 70910-900, Brasília (DF), Brasil. E-mail: marcusts@gmail.com,

CONFLITO DE INTERESSES: nada a declarar.

COMO CITAR ESSE ARTIGO: Silva MT, Galvão TF. Incidência de tuberculose no Brasil: análise de série temporal entre 2001 e 2021 e projeção até 2030. Rev Bras Epidemiol. 2024; 27: e240027. <https://doi.org/10.1590/1980-549720240027.2>

Esse é um artigo aberto distribuído sob licença CC-BY 4.0, que permite cópia e redistribuição do material em qualquer formato e para qualquer fim desde que mantidos os créditos de autoria e de publicação original.

Recebido em: 31/08/2023

Revisado em: 24/01/2024

Aceito em: 15/02/2024



INTRODUÇÃO

A tuberculose é uma preocupação global de saúde, e sua incidência mensal serve como um indicador importante para os sistemas de vigilância epidemiológica. Tais dados ajudam a compreender as tendências da doença e desenvolver estratégias de controle, considerando fatores como sazonalidade, condições socioeconômicas, cobertura vacinal, acesso aos serviços de saúde, qualidade do diagnóstico e notificação¹.

No Brasil, a vigilância epidemiológica da tuberculose é realizada pelo Programa Nacional de Controle da Tuberculose (PNCT) do Sistema Único de Saúde (SUS), que monitora a situação e a tendência da doença². O PNCT coleta e disponibiliza dados, que podem ser aprimorados com métodos estatísticos robustos e inovadores, bem como empregados no monitoramento dos objetivos globais de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). Especificamente, a meta 3.3 dos ODS ambiciona acabar com a epidemia de tuberculose até 2030³. Nesse sentido, estudar a tendência com base nos dados oficiais e a predição dos casos novos ao longo do tempo podem fornecer evidências relevantes para o direcionamento das ações para alcançar esses objetivos.

Entre as estratégias de análise de séries temporais, destaca-se a regressão segmentada para detecção de quebras de tendência e o modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonais (Sarima)⁴. O Sarima, uma extensão do Arima (modelo autorregressivo integrado de médias móveis), é utilizado para modelar séries temporais com padrões sazonais, tendências e outros padrões não sazonais. Esse modelo tem sido empregado em pesquisas para prever casos de tuberculose em diferentes países⁵⁻⁹ e tem potencial para utilização nos sistemas de acompanhamento brasileiros para melhorar a qualidade e a confiabilidade das informações.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a incidência de tuberculose no Brasil entre 2001 e 2022 e estimar a previsão de incidência mensal até 2030.

MÉTODOS

Trata-se de análise de série temporal com base nos registros de incidência de tuberculose no Brasil de 2001 a 2022 e predição de casos novos até 2030. O relato deste estudo seguiu as recomendações do "The reporting of studies conducted using Observational Routinely-collected health Data (Record) statement"¹⁰.

Foram elegíveis casos novos de tuberculose registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) de todo Brasil, entre janeiro de 2001 e dezembro de 2022. O Sinan é o sistema oficial para notificação e investigação de casos de doenças e agravos que constam da lista nacional de doenças de notificação compulsória¹¹. Casos novos de tuberculose consideram indivíduos cujo

diagnóstico de tuberculose foi confirmado por baciloscopia, cultura ou diagnóstico clínico para situações em que o médico, apoiado em dados clínico-epidemiológicos e exames complementares, estabeleceu o diagnóstico de tuberculose em indivíduos que nunca utilizaram medicamentos específicos contra a doença². Incluíram-se, portanto, casos de tuberculose pulmonar e extrapulmonar, diagnosticados também por teste molecular rápido.

A estimativa populacional do Brasil para o período de 2001 a 2030 foi obtida das projeções da população anual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹². A projeção populacional e os casos mensais de tuberculose de cada ano foram compilados em planilha para composição do banco de dados do estudo contendo as variáveis: ano, mês, número de casos e tamanho da população. A incidência mensal de tuberculose foi subsequentemente calculada e expressa em casos-mês/100 mil habitantes, fornecendo uma métrica padronizada para avaliar a incidência da doença ao longo do tempo. Não houve imputação de dados.

Realizou-se análise exploratória para visualizar a série de dados e identificar padrões, tendências e sazonalidade, analisada em regressão linear segmentada para detectar pontos de inflexão nas tendências de registro¹³. O conjunto de dados foi então dividido em duas partes¹⁴: banco treinamento (de janeiro de 2001 a junho de 2018, 80% dos casos) e banco teste para validação do modelo (de julho de 2018 a dezembro de 2022, 20% dos casos). No banco treinamento, para determinar se a série era estacionária, aplicaram-se os testes Phillips-Perron e Dickey-Fuller para raízes unitárias. A seleção dos parâmetros para o Sarima foi orientada pela análise das funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF), além da verossimilhança e dos critérios de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC)¹⁵. As defasagens (picos) do ACF e PACF, que fornecem informações sobre a estrutura temporal dos dados, serviram como limites para testar os parâmetros do Sarima. Considerando esses limites, testaram-se também os parâmetros dos modelos Sarima identificados na literatura para tuberculose¹⁶⁻²⁰. Com base no modelo Sarima selecionado, realizaram-se previsões da incidência de tuberculose para o período de teste (de julho de 2018 a dezembro de 2022). A precisão do modelo foi avaliada pelo erro quadrático médio (MSE), que quantifica a diferença entre as previsões e os valores observados, e pelo erro percentual absoluto médio (Mape), que expressa o erro como porcentagem¹⁵, com análise de sensibilidade excluindo o período de abril de 2020 a maio de 2021, a fim de remover o efeito da pandemia de COVID-19 nessa precisão. Na sequência, com o banco completo, realizaram-se previsões da incidência de tuberculose de janeiro de 2023 a dezembro de 2030, com intervalos de confiança a 95% (IC95%). Por fim, avaliaram-se os resíduos gerados pelo modelo selecionado através de técnicas gráficas e estatísticas, incluindo o teste de ruído branco com Ljung-Box Q¹⁷. Todas as rotinas de análise foram executadas no Stata 14.2²¹.

A pesquisa se baseou em registros de banco de dados aberto, disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tab.cgi.exe?sinanet/cnv/tubercbr.def>, prescindindo de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

RESULTADOS

Foram incluídos 1.965.616 casos de tuberculose entre 2001 e 2022, cuja incidência mensal variou de 4,92 casos-mês/100 mil habitantes em maio de 2002 a 3,01 casos-mês/100 mil habitantes em fevereiro e março de 2015 (Tabela 1). Após início da pandemia de COVID-19, registrou-se a menor incidência mensal (2,94 casos-mês/100 mil habitantes em maio de 2020). Observou-se que o ano de 2002 teve a maior média mensal de casos (4,34 casos-mês/100 mil habitantes) e a maior incidência anual (52,09 casos-ano/100 mil habitantes).

A incidência mensal entre janeiro de 2001 e dezembro de 2014 apresentou tendência de diminuição ($\beta=-0,005$; $p<0,001$) (Figura 1). Entre janeiro de 2015 e março de 2020, observou-se tendência de aumento ($\beta=0,013$; $p<0,001$). Ocorreu queda abrupta em abril de 2020 ($\beta=-0,781$; $p<0,001$), com o início da pandemia. Nos meses subsequentes até dezembro de 2022, notou-se aceleração do número de casos ($\beta=0,025$; $p<0,001$).

Mantendo-se as tendências observadas, com base na modelagem Sarima, a incidência entre 2023 e 2030 se apresenta crescente (Figura 2).

Ao final da série, a incidência foi estimada em 55,68 casos/100 mil habitantes por ano, a maior do período, sendo estimados 4,40 casos-mês/100 mil habitantes (IC95% 4,15–4,65)

em dezembro de 2030, com maior incidência mensal em agosto desse ano (Tabela 2). Em termos absolutos, a estimativa é que em 2030 sejam registrados 124.245 novos casos com mais de 10 mil casos/mês (Figura 3), com incidência mensal estimada de 4,64 casos-mês/100 mil habitantes em 2030.

O material suplementar relata a seleção dos parâmetros para o Sarima. O modelo $(2,1,1) \times (1,1,1)_{12}$ demonstrou o melhor desempenho no banco treinamento. Ao predizer o período do banco teste, o modelo errou em 8,0% considerando a pandemia de COVID-19. Ao remover o período pandêmico, o Mape diminuiu para 4,5%. A análise dos resíduos atestou a robustez do modelo.

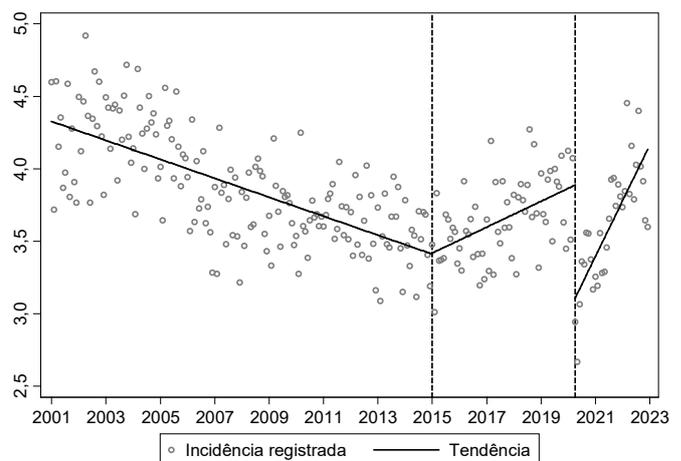


Figura 1. Incidência mensal de tuberculose a cada 100 mil habitantes no Brasil entre 2001 e 2022.

Tabela 1. Incidência mensal dos casos de tuberculose no Brasil por 100 mil habitantes.

Ano	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
2001	4,60	3,72	4,60	4,15	4,35	3,87	3,97	4,59	3,81	4,28	3,91	3,77
2002	4,49	4,12	4,47	4,92	4,37	3,77	4,34	4,67	4,29	4,60	4,22	3,82
2003	4,49	4,42	4,14	4,42	4,44	3,92	4,40	4,20	4,50	4,72	4,22	4,04
2004	4,14	3,69	4,69	4,42	4,24	4,00	4,28	4,50	4,32	4,38	4,24	3,93
2005	4,01	3,64	4,56	4,30	4,33	4,20	3,93	4,53	4,15	3,88	4,10	4,07
2006	3,94	3,57	4,34	3,63	4,05	3,73	3,79	4,12	3,63	3,74	3,56	3,28
2007	3,88	3,27	4,28	3,84	3,89	3,48	3,79	3,99	3,54	3,94	3,53	3,22
2008	3,84	3,47	3,80	3,97	3,60	3,62	4,01	4,07	3,98	3,95	3,55	3,43
2009	3,68	3,33	4,21	3,88	3,70	3,46	3,85	3,81	3,82	3,76	3,63	3,47
2010	3,54	3,28	4,25	3,61	3,57	3,39	3,65	3,78	3,67	3,69	3,60	3,67
2011	3,60	3,68	3,79	3,83	3,89	3,52	3,59	4,05	3,74	3,54	3,74	3,51
2012	3,70	3,40	3,96	3,48	3,81	3,41	3,64	4,02	3,38	3,82	3,48	3,16
2013	3,73	3,09	3,53	3,83	3,48	3,46	3,67	3,95	3,67	3,87	3,45	3,15
2014	3,78	3,47	3,33	3,58	3,54	3,12	3,71	3,51	3,70	3,68	3,41	3,19
2015	3,48	3,01	3,83	3,37	3,37	3,38	3,68	3,65	3,52	3,59	3,56	3,35
2016	3,45	3,30	3,91	3,57	3,55	3,65	3,39	3,74	3,41	3,20	3,42	3,24
2017	3,65	3,29	4,19	3,27	3,91	3,57	3,49	3,91	3,59	3,77	3,60	3,38
2018	3,82	3,27	3,80	3,90	3,78	3,71	3,89	4,27	3,67	4,17	3,69	3,32
2019	3,97	3,69	3,63	3,93	3,98	3,50	4,00	3,91	3,88	4,09	3,63	3,45
2020	4,12	3,51	4,07	2,94	2,67	3,07	3,36	3,34	3,56	3,55	3,38	3,17
2021	3,26	3,19	3,56	3,28	3,29	3,46	3,66	3,93	3,94	3,74	3,89	3,81
2022	3,74	3,85	4,45	3,83	4,16	3,79	4,03	4,40	4,02	3,91	3,65	3,60

DISCUSSÃO

Após uma década e meia de redução na incidência de tuberculose, a partir de 2015, os casos passaram a crescer no Brasil até o início da pandemia de COVID-19, quando houve quebra, e, desde então, novo aumento na incidência até 2022. Mantido esse padrão, estima-se que, até 2030, a incidência se mantenha crescente e retome a patamares dos anos 2000, início da série histórica, o que prejudica o compromisso nacional com as metas para tuberculose incluídas nos ODS.

Esses resultados são limitados por diferentes fatores que podem afetar sua validade e generalização. Os dados são provenientes de notificação no Sinan, que pode sofrer variabilidade na qualidade em diferentes etapas da identificação, investigação e confirmação laboratorial de tuberculose conforme as condições técnico-operacionais do sistema de vigilância epidemiológica regional²². A pesquisa não diferenciou as várias formas clínicas da doença, cada uma

com implicações distintas na transmissão e compreensão da enfermidade. Esses fatores, que estão além do escopo desta pesquisa, podem afetar a precisão das previsões do modelo. A pandemia de COVID-19 pode ter afetado padrão esperado de notificações entre 2020 e 2021²³. Para mitigar essa limitação, compararam-se os resultados totais com uma análise que excluiu esse período na avaliação da precisão do modelo. O modelo adotado não considerou fatores externos que podem influenciar a incidência de tuberculose, como as condições socioeconômicas e acesso aos serviços de saúde e, ao empregar dados agregados em nível nacional, o estudo pode ter mascarado heterogeneidades regionais conhecidas da ocorrência de tuberculose no Brasil²⁴⁻²⁶. As projeções populacionais atualizadas com base no Censo Demográfico de 2022 não estavam disponíveis e podem ter subestimado a incidência de tuberculose e afetado o cálculo da tendência futura. O emprego de técnica avançada de previsão de séries temporais, por outro

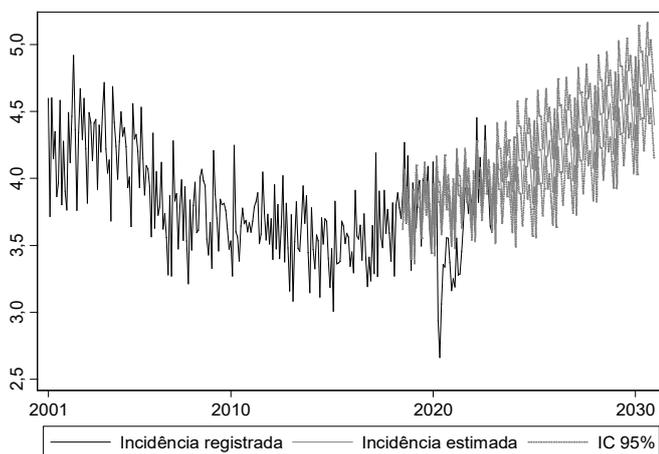


Figura 2. Incidência mensal de tuberculose para cada 100 mil habitantes no Brasil entre 2001 e 2030.

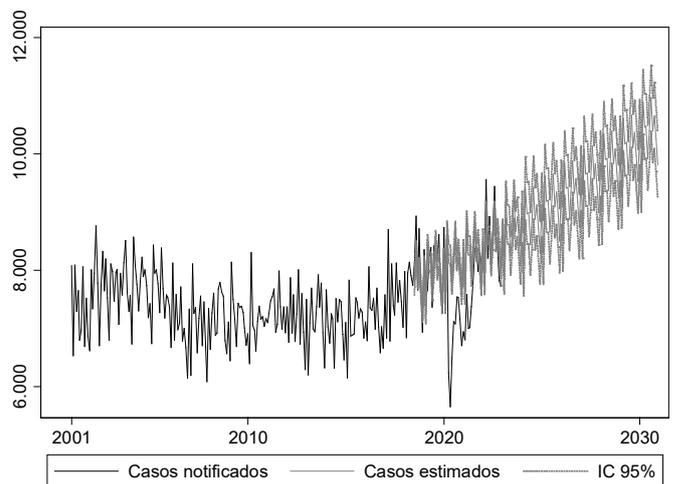


Figura 3. Número de casos mensais de tuberculose no Brasil entre 2001 e 2030.

Tabela 2. Incidência mensal estimada de tuberculose para cada 100 mil habitantes no Brasil entre 2023 e 2030.

Mês	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Jan.	4,04	4,11	4,18	4,26	4,35	4,45	4,55	4,65
Fev.	3,66	3,73	3,81	3,89	3,98	4,07	4,17	4,28
Mar.	4,27	4,33	4,41	4,49	4,58	4,68	4,78	4,89
Abr.	4,07	4,14	4,21	4,29	4,38	4,48	4,58	4,69
Mai	4,07	4,14	4,22	4,30	4,39	4,49	4,59	4,70
Jun.	3,82	3,89	3,97	4,05	4,14	4,24	4,34	4,45
Jul.	4,03	4,10	4,18	4,26	4,35	4,45	4,55	4,66
Ago.	4,27	4,34	4,42	4,51	4,60	4,70	4,80	4,91
Set.	4,02	4,09	4,17	4,25	4,35	4,45	4,55	4,66
Out.	4,13	4,20	4,28	4,37	4,46	4,56	4,67	4,78
Nov.	3,95	4,02	4,10	4,19	4,28	4,38	4,49	4,60
Dez.	3,75	3,82	3,90	3,99	4,08	4,18	4,29	4,40
n	103.847	106.255	108.831	111.575	114.488	117.571	120.824	124.245
I/A	48,08	48,92	49,85	50,85	51,94	53,11	54,35	55,68

n: total de casos estimados no ano; I/A: incidência anual estimada.

lado, permitiu capturar padrões sazonais e não sazonais dos dados e fornecer previsões até 2030 que podem ser valiosas para o monitoramento dos ODS, com erro baixo para o modelo adotado.

A presente pesquisa investigou a tendência de casos de tuberculose no Brasil e observou aumento na incidência coincidentes com políticas de austeridade ao final da série histórica. Estudos nacionais prévios corroboram com as tendências de redução e aumento observadas na nossa análise, investigando também fatores regionais e grupos específicos²⁴⁻²⁶.

O estudo identificou pontos de inflexão nas tendências de casos de tuberculose, que podem estar relacionados a eventos históricos ou mudanças estruturais na dinâmica da doença. Entre 2001 e 2015, observou-se queda consistente na incidência da tuberculose no Brasil. Esse declínio coincidiu com uma fase de crescimento econômico e redução das desigualdades no país, marcada por investimentos em programas sociais, aumento da cobertura da atenção primária e infraestrutura do SUS²⁷. A partir de 2015, notou-se um aumento persistente nos casos de tuberculose, que pode ser atribuída a vários fatores, incluindo a desaceleração econômica e cortes em programas sociais com diminuição geral no bem-estar social²⁸. Se as tendências observadas continuarem sem intervenção, as projeções indicam que o controle da doença em 2030 regredirá aos piores níveis observados nos anos 2000. Essa regressão seria um revés importante nos esforços para erradicar a tuberculose, com implicações graves para a saúde coletiva. Para alcançar os ODS e diminuir significativamente a incidência de tuberculose, é estratégico mudar o curso atual da doença, o que exigirá abordagem multifacetada que inclua intervenções médicas e políticas econômicas e sociais robustas³. Investimentos em prevenção, diagnóstico precoce, tratamento adequado e apoio às comunidades vulneráveis serão fundamentais. Nesse sentido, o fortalecimento do SUS é fundamental para garantir que as políticas públicas estejam alinhadas com os objetivos de longo prazo de controle e erradicação da tuberculose.

O modelo Sarima empregado tem ampla aplicação em diversos contextos e pode ser combinado com outras técnicas para prever a incidência de tuberculose. Uma análise na China continental das tendências temporais da morbidade da tuberculose utilizou o modelo híbrido Sarima-NARNNX (rede neural autorregressiva não linear com entrada exógena), projetando uma queda anual de 3,002% na incidência da doença até 2025⁵. Outro estudo empregou uma variedade de métodos, incluindo regressão segmentada, modelo Sarima, agrupamento geográfico e modelo de séries temporais multivariadas, observando uma diminuição média anual de 3,3% na incidência de tuberculose entre 2004 e 2017, com picos sazonais e agrupamentos geográficos em Xinjiang e Tibete⁶. Uma análise de 331.594 casos notificados entre 2009 e 2018 na província de Zhejiang, China, revelou uma tendência decrescente na incidência de 75,38/100.000 para 52,25/100.000, identificando picos sazonais em março

e abril, e o modelo Sarima evidenciou características epidemiológicas específicas e razão de sexo de 2:1 (masculino x feminino)⁹. Nos Estados Unidos da América, uma pesquisa aplicou o modelo Sarima para investigar a diminuição de 20% nos casos de tuberculose durante a pandemia de COVID-19, comparando com a média dos anos 2016 a 2019, usando dados de vendas de medicamentos⁷. Na África do Sul, foi destacada a superioridade do Sarima-NNAR (modelo autorregressivo de rede neural) em relação ao Sarima na previsão da incidência de tuberculose, enfatizando a necessidade de intervenções durante festivais⁸. O emprego dessa técnica tem se mostrado relevante no monitoramento de médio e longo prazo da tuberculose, fornecendo evidências valiosas para a vigilância e prevenção da doença.

Em conclusão, se mantidas as tendências atuais, a incidência de tuberculose se manterá crescente e em 2030 retornará aos patamares registrados nos anos 2000. O modelo Sarima revelou-se útil para estimar a incidência de tuberculose no Brasil. Ações integradas e intersetoriais para reduzir as desigualdades sociais e melhorar o acesso aos serviços de saúde para as populações mais vulneráveis devem ser priorizadas. Análises detalhadas por região, estado ou município e por grupos populacionais específicos, como indígenas, quilombolas e pessoas privadas de liberdade poderão trazer evidências específicas em pesquisas futuras. A exploração de outras técnicas de previsão que incluam fatores externos ou não lineares na modelagem da incidência de tuberculose pode ser também útil, aliada a simulações para avaliar o impacto potencial de diferentes cenários epidemiológicos ou intervenções sanitárias na evolução da doença.

REFERÊNCIAS

1. Rojano B, Caminero JA, Hayek M. Curving tuberculosis: current trends and future needs. *Ann Glob Health* 2019; 85(1): 5. <https://doi.org/10.5334/aogh.2415>
2. Maciel ELN, Sales CMM. Epidemiological surveillance of tuberculosis in Brazil: how can more progress be made? *Epidemiol Serv Saude* 2016; 25(1): 175-8. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742016000100018>
3. Silva S, Arinaminpathy N, Atun R, Goosby E, Reid M. Economic impact of tuberculosis mortality in 120 countries and the cost of not achieving the Sustainable Development Goals tuberculosis targets: a full-income analysis. *Lancet Glob Health* 2021; 9(10): e1372-e1379. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(21\)00299-0](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(21)00299-0)
4. Nobre FF, Monteiro AB, Telles PR, Williamson GD. Dynamic linear model and SARIMA: a comparison of their forecasting performance in epidemiology. *Stat Med* 2001; 20(20): 3051-69. <https://doi.org/10.1002/sim.963>
5. Wang Y, Xu C, Zhang S, Wang Z, Yang L, Zhu Y, et al. Temporal trends analysis of tuberculosis morbidity in mainland China from 1997 to 2025 using a new SARIMA-NARNNX hybrid model. *BMJ Open* 2019; 9(7): e024409. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-024409>

6. Zuo Z, Wang M, Cui H, Wang Y, Wu J, Qi J, et al. Spatiotemporal characteristics and the epidemiology of tuberculosis in China from 2004 to 2017 by the nationwide surveillance system. *BMC Public Health* 2020; 20(1): 1284. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09331-y>
7. Winglee K, Hill AN, Langer AJ, Self JL. Decrease in tuberculosis cases during covid-19 pandemic as reflected by outpatient pharmacy data, United States, 2020. *Emerg Infect Dis* 2022; 28(4): 820-7. <https://doi.org/10.3201/eid2804.212014>
8. Azeez A, Obaromi D, Odeyemi A, Ndege J, Muntabayi R. Seasonality and trend forecasting of tuberculosis prevalence data in eastern Cape, South Africa, using a hybrid model. *Int J Environ Res Public Health* 2016; 13(8): 757. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080757>
9. Liu K, Li T, Vongpradith A, Wang F, Peng Y, Wang W, et al. Identification and prediction of tuberculosis in Eastern China: analyses from 10-year population-based notification data in Zhejiang Province, China. *Sci Rep* 2020; 10(1): 7425. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64387-5>
10. Benchimol EI, Smeeth L, Guttman A, Harron K, Moher D, Petersen I, et al. The REporting of studies Conducted using Observational Routinely-collected health Data (RECORD) statement. *PLoS Med* 2015; 12(10): e1001885. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001885>
11. Brasil. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde [Internet]. 2017 [acessado em 05 mar. 2024]. Disponível em: https://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeções da População. Projeções da população do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060 [Internet]. [acessado em 04 mar. 2024]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>
13. Taljaard M, McKenzie JE, Ramsay CR, Grimshaw JM. The use of segmented regression in analysing interrupted time series studies: an example in pre-hospital ambulance care. *Implement Sci* 2014; 9: 77. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-9-77>
14. Sulyok M, Richter H, Sulyok Z, Kapitány-Fövényi M, Walker MD. Predicting tick-borne encephalitis using Google Trends. *Ticks Tick Borne Dis* 2020; 11(1): 101306. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101306>
15. ArunKumar KE, Kalaga DV, Kumar CMS, Chilkoor G, Kawaji M, Brenza TM. Forecasting the dynamics of cumulative COVID-19 cases (confirmed, recovered and deaths) for top-16 countries using statistical machine learning models: Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average (SARIMA). *Appl Soft Comput* 2021; 103: 107161. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107161>
16. Moosazadeh M, Khanjani N, Bahrampour A. Seasonality and temporal variations of tuberculosis in the north of Iran. *Tanaffos* 2013; 12(4): 35-41. PMID: 25191482.
17. Moosazadeh M, Khanjani N, Nasehi M, Bahrampour A. Predicting the incidence of smear positive tuberculosis cases in iran using time series analysis. *Iran J Public Health* 2015; 44(11): 1526-34. PMID: 26744711.
18. Wang Y, Xu C, Li Y, Wu W, Gui L, Ren J, et al. An advanced data-driven hybrid model of SARIMA-NNAR for tuberculosis incidence time series forecasting in Qinghai Province, China. *Infect Drug Resist* 2020; 13: 867-80. <https://doi.org/10.2147/idr.S232854>
19. Mao Q, Zhang K, Yan W, Cheng C. Forecasting the incidence of tuberculosis in China using the seasonal auto-regressive integrated moving average (SARIMA) model. *J Infect Public Health* 2018; 11(5): 707-12. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2018.04.009>
20. Moosazadeh M, Nasehi M, Bahrampour A, Khanjani N, Sharafi S, Ahmadi S. Forecasting tuberculosis incidence in iran using box-jenkins models. *Iran Red Crescent Med J* 2014; 16(5): e11779. <https://doi.org/10.5812/ircmj.11779>
21. StataCorp. Statistical software: release 14. College Station: StataCorp LP; 2015.
22. Luna EJA. O Sinan e o resgate da informação para a vigilância epidemiológica. *Epidemiol Serv Saúde* 2004; 13(3): 133-4. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742004000300001>
23. Orfão NH, Andrade RLP, Ruffino-Netto A, Silva LWF, Villa TCS, Seifert ML, et al. Influence of COVID-19 on the notification of drug-resistant pulmonary tuberculosis cases. *BMC Infect Dis* 2023; 23(1): 497. <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08463-x>
24. Melo MC, Barros H, Donalisio MR. Temporal trend of tuberculosis in Brazil. *Cad Saude Publica* 2020; 36(6): e00081319. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00081319>
25. Paiva JPS, Magalhães MAFM, Leal TC, Silva LF, Silva LG, Carmo RF, et al. Time trend, social vulnerability, and identification of risk areas for tuberculosis in Brazil: an ecological study. *PLoS One* 2022; 17(1): e0247894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247894>
26. Costa FBP, Ramos ACV, Berra TZ, Alves YM, Silva RVS, Crispim JA, et al. Spatial distribution and temporal trend of childhood tuberculosis in Brazil. *Trop Med Infect Dis* 2022; 8(1): 12. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8010012>
27. Hone T, Rasella D, Barreto M, Atun R, Majeed A, Millett C. Large reductions in amenable mortality associated with Brazil's primary care expansion and strong health governance. *Health Aff (Millwood)* 2017; 36(1): 149-58. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2016.0966>
28. Doniec K, Dall'Alba R, King L. Brazil's health catastrophe in the making. *Lancet* 2018; 392(10149): 731-2. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)30853-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)30853-5)

ABSTRACT

Objective: To assess the incidence of tuberculosis in Brazil between 2001 and 2022 and estimate the monthly incidence forecast until 2030. **Methods:** This is a time-series study based on monthly tuberculosis records from the Notifiable Diseases Information System and official projections of the Brazilian population. The monthly incidence of tuberculosis from 2001 to 2022 was evaluated using segmented linear regression to identify trend breaks. Seasonal autoregressive integrated moving average (Sarima) was used to predict the monthly incidence from 2023 to 2030, deadline for achieving the sustainable development goals (SDGs). **Results:** There was a decrease in incidence between January/2001 and December/2014 (4.60 to 3.19 cases-month/100,000 inhabitants; $\beta=-0.005$; $p<0.001$), followed by an increase between January/2015 and March /2020 ($\beta=0.013$; $p<0.001$). There was a sharp drop in cases in April/2020, with the onset of the pandemic, and acceleration of the increase in cases since then ($\beta=0.025$; $p<0.001$). A projection of 124,245 cases in 2030 was made, with an estimated incidence of 4.64 cases-month/100,000 inhabitants, levels similar to those in the 2000s. The Sarima model proved to be robust, with error of 4.1% when removing the pandemic period. **Conclusion:** The decreasing trend in tuberculosis cases was reversed from 2015 onwards, a period of economic crisis, and was also impacted by the pandemic when there was a reduction in records. The Sarima model can be a useful forecasting tool for epidemiological surveillance. Greater investments in prevention and control need to be made to reduce the occurrence of tuberculosis, in line with the SDGs.

Keywords: Tuberculosis. Incidence. Epidemiological models. Interrupted time series analysis.

APROVAÇÃO ÉTICA: A pesquisa se baseou em registros de banco de dados públicos e abertos, prescindindo de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Silva, M. T.: Administração do projeto, Análise formal, Conceituação, Curadoria de dados, Escrita – primeira redação, Investigação, Metodologia, Software, Validação, Visualização. Galvão, T.F.: Conceituação, Escrita – revisão e edição, Investigação, Visualização.

FONTE DE FINANCIAMENTO: Taís Freire Galvão recebe bolsa de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Processo nº 310238/2020-0).

