

TENDÊNCIA DOS CASOS DE HANSENÍASE NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI, CEARÁ-BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 2013 A 2023: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS MODELOS LINEAR E LOG-LINEAR

Joanderson Nunes Cardoso¹, José Nairton Coelho da Silva²,
Lorena Alencar Sousa³, Estelita Lima Cândido⁴, Larissa Lacerda Lodonio⁵,
Cláudio Gleidiston Lima Da Silva⁶, Maria Do Socorro Vieira Dos Santos⁷,
Paulo Renato Alves Firmino⁸

Resumo: A hanseníase, doença infecciosa com evolução crônica causada pela *Mycobacterium leprae*. Provoca lesões na pele, podendo levar ao acometimento neural com evolução para incapacidade. Este artigo descreve o comportamento das tendências temporais relacionadas à incidência de hanseníase, disponíveis no DATASUS, entre os anos de 2013 a 2023 na Região Metropolitana do Cariri, utilizando modelos de regressão a fim de compreender a dinâmica de incidência da doença ao longo do tempo. Foram utilizados dois modelos de regressão, um linear e outro log-linear, onde métricas como

1 Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – UFCA, Barbalha-CE, Brasil.

2 Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – UFCA, Barbalha-CE, Brasil.

3 Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – UFCA, Barbalha-CE, Brasil.

4 Doutora em Biotecnologia, Universidade Estadual do Ceará, docente em Ciências da Saúde – UFCA, Barbalha-CE, Brasil.

5 Graduanda do Curso de Medicina. Faculdade de Medicina de Juazeiro do Norte – ESTÁCIO/IDOMED, discente, Juazeiro do Norte-CE.

6 Docente e Doutor em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceará. Diretor geral da Faculdade de Medicina de Barbalha-FAMED e Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Faculdade de Medicina de Barbalha-FAMED, Barbalha – CE.

7 Docente e Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Faculdade de Medicina de Barbalha-FAMED, Barbalha – CE.

8 Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, docente em Ciências da Saúde – UFCA, Barbalha-CE, Brasil.

R^2 múltiplo e R^2 ajustado, o P-valor($p<0,05$) e o teste F foram utilizados para avaliar a significância e qualidade do ajuste dos modelos. Foi realizada a previsão de casos para os anos de 2024 e 2025, e que ambos os modelos apresentaram um excelente ajuste identificado pelo R^2 múltiplo e R^2 ajustado. Além disso, os parâmetros de interesse associados à variável de tendência explicitaram significância estatística a 1%. Nos anos 2024 e 2025 respectivamente, há uma previsão de 48 e 33 casos segundo o modelo de regressão linear. Para o mesmo período, o modelo log-linear previu 51 e 44 casos, respectivamente. Neste caso, os modelos de regressão sugeriram uma associação negativa e significativa dos parâmetros estimados.

Palavras-chave: incidência; saúde pública; análise de regressão.

TREND OF LEPROSY CASES IN THE METROPOLITAN REGION OF CARIRI, CEARÁ, BRAZIL, BETWEEN THE YEARS 2013 AND 2023: AN ANALYSIS BASED ON LINEAR AND LOG-LINEAR MODELS

Abstract: Leprosy, an infectious disease with chronic progression caused by *Mycobacterium leprae*, results in skin lesions and can lead to neural involvement, progressing to disability. This article describes the temporal trends in the incidence of leprosy, as reported in DATASUS, between the years 2013 and 2023 in the Metropolitan Region of Cariri. Regression models were used to understand the dynamics of disease incidence over time. Two Regression models were utilized: a linear model and a log-linear model. Metrics such as multiple R^2 , adjusted R^2 , P-value ($p<0.05$), and the F-test were used to evaluate the significance and quality of the model fits. Predictions were made for the years 2024 and 2025, and both models demonstrated excellent fits, as indicated by multiple R^2 and adjusted R^2 . Additionally, the parameters of interest associated with the trend variable showed statistical significance at the 1% level. The linear regression model predicted 48 and 33 cases for the years 2024 and 2025, respectively. For the same period, the log-linear model predicted 51 and 44 cases, respectively. These regression models suggested a negative and significant association of the estimated parameters.

Keywords: incidence; public health; regression analysis.

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, a Hanseníase é endêmica em várias áreas do mundo, como Brasil, Índia, destacando-se como primeiro lugar na prevalência de casos, a Indonésia (Brasil, 2019). A doença é caracterizada por lesões na pele, podendo levar ao acometimento nervoso, além de afetar as mucosas como do sistema respiratório, olhos, testículos e sistema linfático, variando do suporte imunológico de cada indivíduo (Silva *et al.*, 2020; Mendes, Oliveira, Schindler, 2023).

Corroborando os dados apresentados, os estudos catalogados na literatura especializada vêm demonstrando uma queda na detecção dos casos da doença no Brasil. Essa queda tem se intensificado a partir de 2020 com

a pandemia da Covid-19, onde a identificação de novos casos recuou em aproximadamente 37% (Brasil, 2022).

No Ceará, o Boletim Epidemiológico da Hanseníase (2023) configura a doença como endêmica silenciosa, devido a fatores como falta de diagnóstico adequado, subnotificação e sobretudo, a falta de conscientização por parte da população. O documento revelou que, de 2015 a 2022, foram notificados 11.727 novos casos de hanseníase no Ceará, com uma média de 1.460 casos por ano.

A principal fonte de infecção e transmissão é o homem, que apresenta todo o processo pelo contato direto, facilitado pela via respiratória, podendo acometer indivíduos em diversas faixas etárias, incluindo crianças e idosos. Seu período de incubação pode variar de cinco a vinte anos ou mais, oscilando de acordo com sua forma de apresentação clínica (Junior *et al.*, 2022; Santana *et al.*, 2022).

Quanto às formas clínicas, adota-se a classificação de Ridley e Jopling (1966), que se baseia nos conceitos básicos da Classificação de Madri (1953), Indeterminada, Dimorfa, Tuberculóide e Virchowiana. Em relação à classificação operacional, a partir do diagnóstico clínico, levando em consideração o número de lesões e exame bacteriológico, obtém-se os critérios dos casos Paucibacilar para os casos de até cinco lesões e Multibacilar mais de cinco lesões, e/ou bacilosscopia positiva (Brasil, 2022; Jesus *et al.*, 2023).

Para a saúde pública, os estudos de tendências apresentam grandes contribuições, permitindo uma compreensão mais ampla sobre a saúde de uma determinada população, buscando entender as condições que podem prejudicá-las. Com a identificação e análise das tendências das patologias, é possível desenvolver estratégias eficazes de prevenção, intervenção e tratamento para a população (Eduarda, Ferreira e Rodrigo, 2021). Outra forma de contribuir com a saúde da população é que os estudos de tendências também podem prever futuras necessidades, identificar grupos que estão expostos a maiores riscos, alertando as autoridades de saúde para uma tomada de decisão mais assertiva (Neves *et al.*, 2023).

Diante do exposto, o presente estudo busca analisar e compreender o comportamento dos casos de hanseníase notificados na Região Metropolitana do Cariri no período de 2013 a 2023, permitindo avaliar o panorama epidemiológico da doença, reconhecendo a possibilidade dos casos de subnotificações diante o período da pandemia do Covid-19 (2020 a 2022), bem como a previsão da média de casos para os anos seguintes 2024 e 2025, a fim de mostrar um direcionamento para a tomada de decisões estratégicas de planejamento e mitigação de riscos.

Em suma, esse estudo aborda o comportamento da hanseníase ao longo dos anos na Região Metropolitana do Cariri, que compreende as cidades Crato, Juazeiro, Barbalha, Missão Velha, Caririaçu, Farias Brito, Nova Olinda, Jardim, Santana do Cariri. Além da introdução e conclusão, o presente trabalho está

dividido em mais duas seções, onde na segunda está exposta à metodologia adotada para a análise, enquanto na terceira seção estão expostos às discussões e os resultados dos modelos propostos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A base de dados utilizada neste estudo foi uma série temporal de casos de Hanseníase, que engloba o período entre os anos de 2013 a 2023, totalizando onze observações. Os dados foram obtidos a partir do sistema de informação em saúde TABNET® (Ministério da Saúde, Brasil, 2024) do DATASUS.

Do ponto de vista empírico, adotou-se um conjunto de metodologias, partindo de evidências explicitadas na literatura, além do levantamento de informações em artigos científicos. Para este fim, estimaram-se dois modelos específicos, um linear e outro log-linear pelo método dos mínimos quadrados ordinários, para se identificar a tendência dos casos de Hanseníase ao longo do tempo. Além disso, exploraram-se os testes de ajuste de ambos os modelos, corroborados pela análise dos gráficos de dispersão.

A variável de interesse neste estudo foi o comportamento dos casos de hanseníase em função do tempo. O levantamento dos dados foi realizado entre os meses de janeiro a março de 2024, sendo tabulados no programa Excel® versão 2021, enquanto a estimativa dos modelos foi feita através do software R-Stúdio. As análises estatísticas e a estrutura dos gráficos foram obtidas a partir da combinação do Posit Cloud® (Posit Software, Boston, 2022) e o próprio R-Stúdio.

A presente pesquisa dispensou a apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com base na resolução 510/16 por se tratar de um estudo realizado com dados secundários de domínio público, disponíveis em portais de informação em saúde.

2.1 Os modelos estatísticos

Para os testes estatísticos utilizados nos dois modelos (linear e log-linear), foi adotado o nível de significância de $P < 0,05$. Esse nível de significância indica que os resultados dos testes são considerados estatisticamente significativos se o valor de p (P) for menor que 0,05.

Neste trabalho, foram propostos a estimativa de dois modelos de tendência, sendo um linear e outro log-linear. Neste sentido, um modelo de tendência linear segue a seguinte especificação:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \mu_t \quad (1)$$

Onde Y_t é o regressando ou variável dependente, no caso deste estudo, os casos de hanseníase, β_1 representa o intercepto e o $\beta_2 t$ é o coeficiente angular, que explicita o parâmetro de interesse associado à variável de tendência

(variável independente), ao qual se deseja estimar. Para este modelo específico, caso o coeficiente angular seja positivo, a tendência será crescente. Por outro lado, caso seja negativo, a tendência de novos casos de hanseníase expressará um comportamento decrescente (Montgomery e Runger, 2008).

Conforme especificação de Gujarati (2006), o modelo log-linear segue a seguinte estrutura:

$$\ln Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \mu_t \quad (2)$$

Onde $\ln Y_t$ é o regressando ou variável dependente em logaritmo e o $\beta_2 t$, assim como no modelo linear, é a variável de tendência ou independente. Estes modelos também são conhecidos como semilogarítmicos em função da forma funcional da variável dependente estar sob a forma logarítmica. Portanto, nestes modelos, o β_2 associado à variável de tendência mede a variação relativa constante na variável dependente para uma dada variação absoluta na variável independente de tendência. Ou seja, ao multiplicar o Y por 100, pode-se interpretar os resultados em termos de variação percentual da taxa de crescimento ou decrescimento dos casos de hanseníase.

Os modelos foram avaliados usando o coeficiente de Determinação R^2 , que varia de 0 a 1. R^2 próximo de 1 indica que uma grande proporção da variabilidade da variável dependente é explicada pelos regressores, sugerindo um bom ajuste do modelo aos dados. Matematicamente, é dado por:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{total}} \quad (3)$$

Onde SS_{res} é a soma dos quadrados dos resíduos e SS_{total} é a soma total dos quadrados. Um R^2 próximo de 1 indica um bom ajuste do modelo aos dados, enquanto valores próximos de 0 indicam um ajuste insatisfatórios (Montgomery; Runger, 2008).

A normalidade dos modelos foi verificada por meio da aplicação do Teste de Shapiro-Wilk, utilizado para verificar se uma amostra de dados segue uma distribuição normal. A hipótese nula do teste é que os dados são provenientes de uma distribuição normal. Portanto, se o valor-p associado ao teste for maior que o nível de significância escolhido (geralmente 0,05), não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula e podemos concluir que os dados seguem uma distribuição normal (Shapiro-Wilk, 1965).

O Teste de Shapiro-Wilk é uma ferramenta estatística que calcula uma estatística de teste, representada por W , pode ser expresso como:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x(i))^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Nesta equação, W é a estatística de teste de Shapiro-Wilk, n é o tamanho da amostra e $x(i)$ é o i-ésimo menor valor observado. A média da amostra é representada por \bar{x} , e a_i são coeficientes específicos para o Teste de Shapiro-Wilk.

Foi considerado essencial também avaliar o Erro Quadrático Médio (MSE) para uma compreensão mais abrangente do desempenho dos modelos de regressão. O MSE calcula a média dos quadrados dos erros entre os valores preditos pelo modelo (\hat{y}_i) e os valores reais dos dados (y_i). Dado por:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum i = 1n(\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (5)$$

De acordo com Casella e Berger (2002) essa métrica fornece uma medida da dispersão dos erros e é fundamental para determinar quanto bem o modelo está ajustando os dados observados. Um MSE mais baixo indica um melhor ajuste do modelo aos dados, enquanto valores mais altos sugerem um ajuste menos satisfatório.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para identificar evidências empíricas, este trabalho utilizou-se da estratégia de estimação de tendência por meio dos modelos linear e log-linear, estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinários (M.Q.O). Segundo Gujarati (2006), em um modelo de regressão de tendência linear, a variável dependente pode ser uma função linear do tempo, enquanto nos modelos de tendência log-lineares, o logaritmo da variável dependente pode ser uma função exponencial em relação ao tempo.

Neste aspecto e de forma específica, a estratégia foi buscar a identificação de possíveis diferenças nas magnitudes dos parâmetros e das tendências estimados dos casos de Hanseníase entre os modelos. Portanto, o uso desta estratégia empírica mostra-se importante na obtenção de padrões tendenciais de novos casos da Hanseníase, visto que é de interesse dos formuladores de políticas públicas a identificação do seu comportamento para elaboração de políticas ao enfrentamento do surgimento de novos casos da doença.

Em relação ao número de notificações e casos registrados de hanseníase, entre os anos de 2013 e 2023, foram notificados 1.524, tendo como média ao longo deste período 138,5 casos novos por ano na Região Metropolitana do Cariri. No entanto, pode-se observar uma redução da tendência no comportamento da doença ao longo dos anos estudados, destacando-se para os anos de 2013 com (203 casos), 2014 (200 casos) e 2018 (195 casos), que foi o que apresentou o maior número de casos dentro do período analisado.

A Tabela 1 apresenta a estimação dos parâmetros de tendência para os modelos de regressão linear e log-linear com suas respectivas significâncias

estatísticas, além dos parâmetros de ajuste do modelo, o teste F e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para os resíduos. Como se observa em ambos os modelos, os interceptos foram positivos e estatisticamente significantes a 1%. Por outro lado, os parâmetros de inclinação que refletem a tendência de casos de Hanseníase foram negativos, apresentando tendência decrescente e estatisticamente significantes a 1%.

Especificamente para o modelo linear, o número de casos de hanseníase tem recuado em média -15.04 (casos) no período analisado, apresentando tendência decrescente. Na mesma direção, o parâmetro do modelo log-linear tem apontado uma evidência de que o número de casos de hanseníase tem caído exponencialmente a uma taxa média de 14,5% no período. Ou seja, estes resultados sugerem uma queda sistemática e persistente dos casos de hanseníase na região metropolitana do Cariri ao longo do período analisado. Tais evidências convergem aos achados de Penna *et al.* (2008), que identificou uma tendência decrescente e estatisticamente significante dos casos de hanseníase para o Brasil.

Tabela1- Parâmetros Estimados dos Modelos Linear e Log-Linear

	Modelo linear			Modelo Log-Linear		
	Parâmetros	Erro Padrão	P-Valor	Parâmetros	Erro Padrão	P-Valor
Intercepto	30.500	5.167	0.00022	298.394	72.005	0.00251
Tendência (Anos)	-15.04	2.56	0.00023	-0.145	0.0356	0.00277
MSE	590.0455			1129.106		
Erro-padrão Residual	26.85			0.374		
R² múltiplo	0.79			0.64		
R² ajustado	0.77			0.60		
Estatística F	34.53			16.62		
P valor	0.000236			0.002769		
Teste de Normalidade de Shapiro	0.5471			0.2091		

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DATASUS

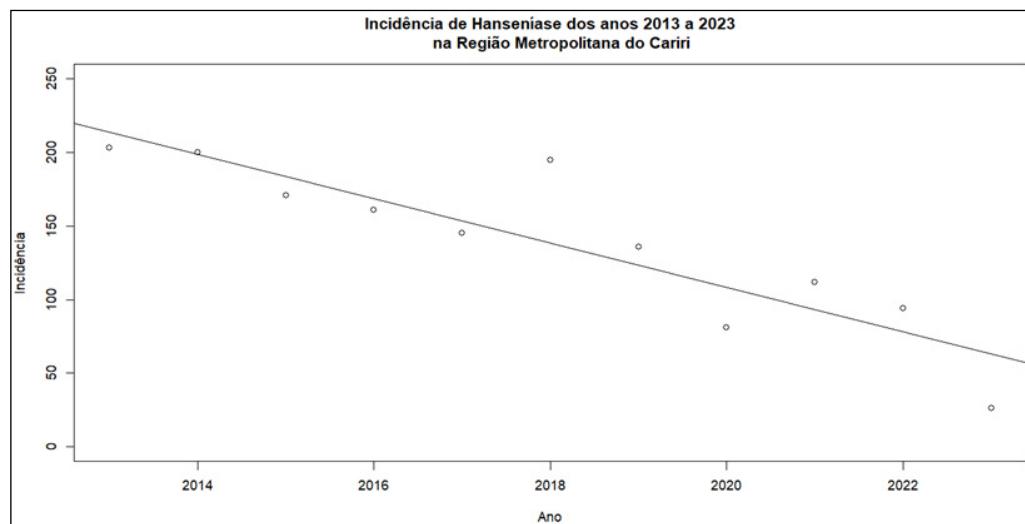
Ainda em relação aos modelos apresentados na Tabela 1, ambos apresentaram um bom ajuste com base nas métricas do R² múltiplo e R² ajustado. Segundo Gujarati (2006), para este caso, não se pode comparar os valores do R² múltiplo e R² ajustado entre os modelos, visto que os regressando (Variável dependente) dos mesmos e suas formas funcionais são distintas.

Ademais, pelo teste F os dois modelos apresentaram significância estatística global, corroborada pelo P-valor. Complementar aos resultados, verificou-se pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, cuja hipótese nula é a presença de distribuição normal dos resíduos, que os mesmos são normalmente distribuídos. Os valores para o teste, respectivamente, 0,5471 e 0,2091, sugerem a não rejeição da hipótese nula.

Ainda em relação aos resultados, as Figuras 1, 2 e 3 refletem, respectivamente, as tendências estimadas pelos modelos linear e log-linear, além da comparação do comportamento das linhas de tendências entre os mesmos. O que indica uma redução gradativa nos registros de notificações de Hanseníase ao longo do período estudado. Além disso, os pontos dispostos em torno de cada tendência são os dados reais e observados na amostra utilizada para estimação entre os anos de 2013 e 2023.

Especificamente, a Figura 3 apresenta o comparativo da tendência de casos de Hanseníase para a região metropolitana do Cariri, estimada a partir do modelo linear. Corroborando o valor negativo estimado para o parâmetro no modelo, a tendência de casos de Hanseníase apresenta um comportamento decrescente para o período analisado. Ademais, a dispersão alta dos dados em torno da linha expressa um bom ajuste do modelo para fins de inferência, justificado pelos valores do R^2 múltiplo e R^2 ajustado.

Figura 3 – Linha de Tendência Linear entre Incidência da Hanseníase e o Tempo/ Modelo Linear

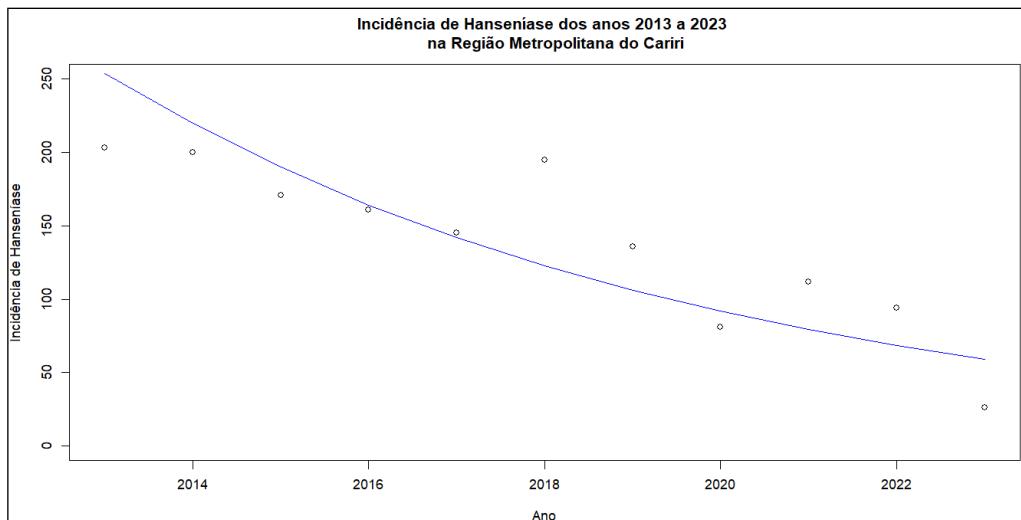


Fonte: Elaboração Própria (2024)

Assim como para o modelo linear, na Figura 4 pode-se observar também um bom ajuste para o modelo log-linear. No entanto, diferentemente do caso

linear, a linha de tendência apresenta um comportamento negativamente exponencial, o que caracteriza este tipo de modelo. A visualização dos dados em torno da linha também denota um bom ajuste do modelo.

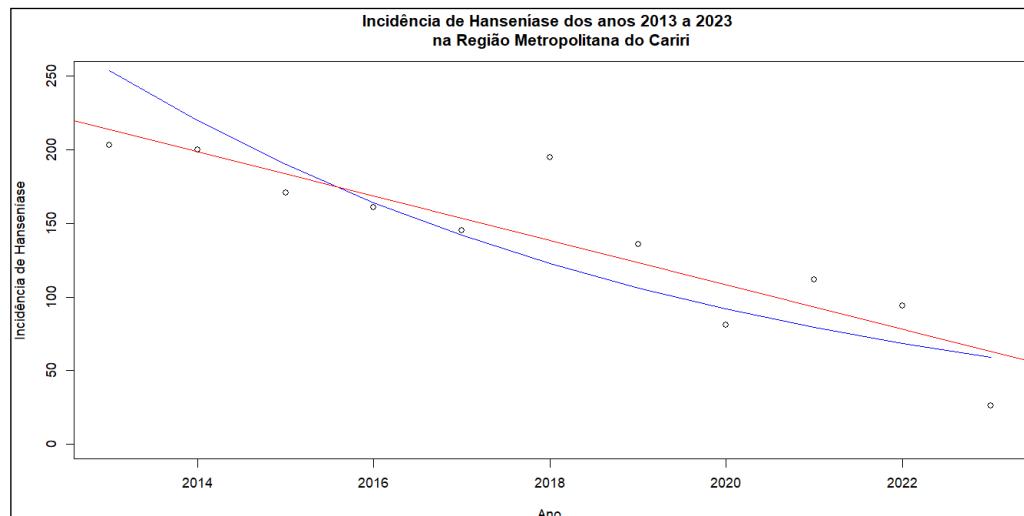
Figura 4- Linha de Tendência entre Incidência da Hanseníase e o Tempo/ Modelo Log- Linear



Fonte: Elaboração Própria (2024)

Por outro lado, na Figura 5, tem-se a sobreposição das linhas de tendência dos dois modelos para fins de comparação. Como esperado, dadas às características dos modelos estimados, há divergência em relação ao comportamento da tendência entre os mesmos. Por exemplo, a linha de tendência na cor vermelha associada à estimativa do modelo linear apresenta um comportamento retilíneo linear. Ao contrário, a tendência que representa o modelo log-linear expressa uma dinâmica exponencial na forma convexa. Neste sentido, dado que ambos modelos apresentaram um bom ajuste pelas métricas do R^2 múltiplo e R^2 ajustado, o que se torna relevante é avaliar o comportamento de ambas tendências, que apresentaram uma dinâmica decrescente ao longo dos anos analisados, sugerindo uma redução consistente dos casos de Hanseníase na Região Metropolitana do Cariri.

Figura 5 – Linhas de Tendência entre os Modelos Linear (Linha Vermelha) e Log-Linear (Linha Azul)



Fonte: Elaboração Própria (2024)

Corroborando os achados um estudo realizado sobre a distribuição espacial da Hanseníase em Sobral município do interior do Ceará no qual se analisou a distribuição de casos nos anos de 2007-2017, demonstrou também oscilações nas taxas de detecção ao longo dos anos, como resultado dessas oscilações é destacado as ações de combate e redução da doença como as campanhas de educação em saúde em áreas de vulnerabilidade (Braga *et al.*, 2020).

Por fim, através dos modelos de regressão linear e log-linear, foi realizada a previsão de casos para os anos de 2024 e 2025. As previsões do modelo de regressão linear sugerem que a incidência de hanseníase continuará a diminuir nos próximos anos, com estimativas de aproximadamente 48 casos no ano 2024 e 33,23 casos para o ano 2025. Por outro lado, as previsões do modelo de regressão log-linear mostram uma tendência semelhante de queda na incidência, mas com estimativas ligeiramente mais altas quando comparadas com as previsões do modelo de linear, prevendo cerca de 51 e 44 casos para os mesmos anos, respectivamente.

As diferenças nas previsões entre os dois modelos podem ser atribuídas às formas funcionais distintas entre os mesmos, quanto à modelagem da relação entre casos de Hanseníase e o tempo. Enquanto o modelo de regressão linear sugere uma redução constante e linear na incidência ao longo do tempo, o modelo de regressão log-linear captura uma diminuição mais gradual e exponencial, refletindo possíveis alterações não lineares na tendência.

Apesar das diferenças nas previsões, ambas sugerem uma tendência de queda na incidência de Hanseníase, o que possivelmente reflete a eficácia das políticas públicas desenhadas ao enfrentamento da doença no Brasil. As previsões obtidas a partir dos modelos estimados fornecem informações relevantes aos formuladores de políticas de saúde, permitindo o planejamento e alocação de recursos para programas de controle da hanseníase de forma mais eficaz e direcionada.

De acordo com Leite *et al.* (2020), a notificação dos casos de Hanseníase é um importante instrumento de monitoramento da doença para formulação de políticas públicas e estratégias de busca ativa de casos suspeitos. A Atenção Básica ainda se revela como o principal ponto de atenção e estratégia para controle da Hanseníase, por meio da educação em saúde, abrangendo desde o diagnóstico precoce até a garantia de tratamento, bem como pela vigilância em saúde, por sua capilaridade e capacidade de atingir uma grande possibilidade de ações.

O tratamento se baseia em Poliquimioterapia (PQT), cujo mecanismo é a redução da carga bacilar, com efeito bactericida levando a cura da doença. A terapêutica é única, e consiste da associação de três antibióticos (rifampicina, dapsona e clofazimina). Por outro lado, a duração do tratamento se baseia na forma clínica, onde os pacientes com casos Paucibacilar devem passar por um tratamento por um período de seis meses, e a Multibacilar por doze meses (Brasil, 2021).

O Ministério da Saúde ao longo dos anos vem trabalhando dentro de políticas públicas para eliminação e diminuição dos casos de doença endêmicas negligenciadas e subestimadas no Brasil, estando inclusa a Hanseníase. No início ano de 2011 foi criado a Secretaria de Vigilância em Saúde que estimulou a criação da Coordenação Geral de Hanseníase e Doenças em Eliminação – CGHDE (Decreto nº 7.530, de 21 de julho de 2011), onde junto com outros programas como o Brasil Sem Miséria (BSM) favoreceu melhores condições de acesso as ações e serviços de saúde a populações em situações de vulnerabilidade social, o que contribui diretamente para estratégias profiláticas da doença (Brasil, 2013).

O Plano Integrado de Enfrentamento de Ações Estratégicas de Eliminação da Hanseníase e outras doenças endêmicas de 2011-2015, permitiu lançar ações como a busca ativa de casos, tratamento oportuno, educação sanitária de acordo com a realidade local, eliminando a doença como problema de saúde pública (Brasil, 2013). As estratégias atuais 2023-2030 é permitir alcance zero de casos no Brasil (Brasil, 2023).

Corroborando com os dados apresentados, os estudos vêm mostrando uma queda na detecção dos casos da doença a nível de Brasil. Essa queda tem se intensificado a partir de 2020 com a pandemia da Covid-19 tendo uma queda de 37% na detecção da doença (Brasil, 2022).

A nível de Ceará, o Boletim Epidemiológico da Hanseníase (2023), configura a doença como endêmica silenciosa, devido a fatores como falta de diagnóstico adequado, subnotificação e sobretudo a falta de conscientização da população. O documento revelou que de 2015-2022 foram notificados 11.727 casos novos de Hanseníase no Ceará, com uma média de 1.460 casos novos por ano.

A notificação da hanseníase é um importante instrumento de monitorização dos casos, formulação de políticas públicas e estratégias de busca ativa de suspeitos. A atenção básica ainda se revela como o principal ponto de atenção e estratégia para controle da hanseníase, por meio da educação em saúde, abrangendo desde o diagnóstico precoce até a garantia de tratamento, bem como pela vigilância em saúde, por sua capilaridade e capacidade de atingir uma grande possibilidade de ações (Leite *et al.*, 2020).

Um estudo sobre Leucemia Mieloide Aguda (LMA) buscou utilizar o modelo de regressão linear, para inferir a sequencial temporal na qual as mutações geralmente ocorrem e consequentemente geram mudanças para expressão genética durante a progressão da doença. Os resultados reforçaram a conexão tempo-dependente entre mutações e mudanças na expressão dos genes durante a progressão da LMA de acordo com o período avaliado pelo estudo (Meirim, 2020).

Em um outro trabalho foi adotado o modelo log-linear para observar a correlação da idade da criança e o surgimento da diarreia em conjunto com a aplicação da Vitamina A. Os resultados apontaram que quanto mais velha a criança maior será o tempo até que ela apresente sintomas de diarreia. Entretanto, não foi observado que a Vitamina A apresente algum efeito significativo no tempo que ocorrerá os sintomas de diarreia na criança, ou seja não há diferenças entre receber ou não doses da vitamina (Leal, 2013).

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos de análise de tendência via modelos de regressão, mostra associação significativa entre o ano e a incidência de hanseníase. Isso se tornou mais evidente pois o modelo de regressão linear apresenta um R^2 ajustado mais alto (0.7703) em comparação com o modelo de regressão log-linear (0.6097), indicando que ele explica uma maior proporção da variabilidade na incidência de hanseníase. Além disso, o valor-p associado ao coeficiente de regressão para o ano no modelo de regressão linear (0.000236) é menor que no modelo de regressão logarítmica (0.002769), sugerindo uma associação mais significativa

Essa conclusão, corrobora a apresentação da literatura que mostra um fortalecimento de políticas públicas com a criação de programas sociais e o plano de enfrentamento da hanseníase que tem como estratégia zero casos no Brasil de 2021 a 2030. A pandemia da Covid-19, também pode ser reflexo dessa

redução dentro do período de tempo analisado, visto a dificuldade do acesso aos serviços de saúde, gerando casos subnotificações no período pandêmico de 2020 a 2022.

No entanto, a identificação de uma tendência decrescente na incidência ao longo dos anos é encorajadora e sugere que as estratégias de prevenção, diagnóstico e tratamento na região metropolitana do Cariri, podem estar tendo impacto positivo.

Esses resultados são importantes para as políticas de saúde pública, pois apresenta modelos de previsão média de casos para os anos de 2024 e 2025, destacando a necessidade contínua de investimentos em programas de controle, educação em saúde para a comunidade, educação permanente para os profissionais, para que estejam sensíveis a análise dos casos e condutas efetivas de controle da doença.

Além disso esse estudo destaca a importância da vigilância epidemiológica contínua e de mais pesquisas na compreensão dos padrões temporais da hanseníase e identificação dos determinantes que influenciam na sua incidência. Por se tratar de uma doença desafiante para a saúde pública é importante destacar a sensibilização dos profissionais para atenção quanto ao diagnóstico e notificação dos casos, bem como promoção de educação e conscientização sobre a doença na comunidade.

CONTRIBUIÇÃO POR AUTOR

Todos os autores contribuíram com a idealização do texto, análise e interpretação dos dados, redação e revisão do manuscrito.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos sinceros agradecimentos aos nossos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde (PPGCS) que orientaram e desempenharam um papel crucial nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

BRAGA, J. C. T. *et al.* Distribuição espacial dos casos de hanseníase no município de Sobral, Ceará, de 2010 a 2017. *Revista Baiana de Saúde Pública*. v. 44, n. 1, p. 111-125, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Doenças de Condições Crônicas e Infecções Sexualmente Transmissíveis. **Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Hanseníase**. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Doenças de Condições Crônicas e Infecções Sexualmente Transmissíveis. **Boletim Epidemiológico de Hanseníase / Jan. 2023.** Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Doenças de Condições Crônicas e Infecções Sexualmente Transmissíveis. **NOTA TÉCNICA N° 16/2021-CGDE/.DCCI/SVS/MS.** Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Doenças Transmissíveis. **Plano integrado de ações estratégicas de eliminação da hanseníase, filariose, esquistossomose e oncocercose como problema de saúde pública, tracoma como causa de cegueira e controle das geohelmintíases: plano de ação 2011-2015 /** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Doenças Transmissíveis. – 1. ed., 1. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Estratégia Nacional para Enfrentamento da Hanseníase: 2019-2022.** Brasília, DF: MS, 2019.

CASELLA, G.; BERGER, R. L. Statistical inference. **Duxbury press**, 2002.

EDUARDA, M.; FERREIRA, R.; RODRIGO, S. Tendência dos indicadores epidemiológicos da hanseníase em um estado endêmico da região amazônica. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 42, p. e20190520, 29 mar. 2021.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica.** Tradução Maria José Cyhlar Monterio. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 812 p.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

JESUS, I. L. R. *et al.* Hanseníase e vulnerabilidade: uma revisão de escopo. **Revista Ciência & Saúde Coletiva.** v. 1, n. 28, p. 143-154, 2023.

JUNIOR, *et al.* Hanseníase: características clínicas e imunopatológicas. **Anais Brasileiros de Dermatologia.** v. 3, n. 97, p. 338-347, 2022.

LEITE, T. R. C. *et al.* Ações de controle da hanseníase na atenção primária à saúde: uma revisão integrativa. **Revista de Ciências da Saúde.** v.23, n.3, p.175-186, 2020.

LEAL, C. **Modelo de regressão log-linear com fração de cura.** TCC (Bacharel em Estatística). Universidade de Brasília. Brasília. p. 46, 2013.

MEIRIM, M. O. **Aplicação de modelos de programação linear para otimizar protocolos de tratamento.** TCC (Engenharia Industrial). Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC), Rio de Janeiro. P. 47, 2020.

MENDES, M. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; SCHINDLER, H. C. Avaliação da completude, consistência e não duplicidade dos dados de notificação da hanseníase no Sistema de Informação de Agravos de Notificação, João Pessoa, Paraíba: estudo descritivo, 2001-2019. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 2, n. 32, p. 1-12, 2023.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

NEVES, D. C. O. *et al.* Tendência das taxas de detecção da hanseníase em um estado da Região Norte do Brasil. **Rev Pan-Amaz Saude [online]**. v.14, e202301437, 2023.

PENNA, M. L. F. *et al.* Influência do aumento do acesso à atenção básica no comportamento da taxa de detecção de hanseníase de 1980 a 2006. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.41, p.01-05, 2008.

PROPÉRCIO, A. N. A. *et al.* O Tratamento da Hanseníase a partir de uma Revisão Integrativa. **Brazilian Journal of Health Review**. v.4, n.2, p.8076-8101, 2021.

SANTANA, E. M. F. *et al.* Conhecimento e atitude sobre incapacidades na hanseníase: efeitos de intervenção fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**. v. 56. p. 1-8, 2022.

SILVA, L. O. L. *et al.* Representações Sociais do Processo de Diagnóstico e Cura da Hanseníase. **Revista Psicologia e Saúde**. v. 12, n. 2. p. 73-87, 2020.

APÊNDICE

LINHAS DE CÓDIGOS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS NO R-STÚDIO

```
# Criar o dataframe com os dados
dados_hansenias <- data.frame(
  ANO = c(2013:2023),
  INCIDENCIA = c(203, 200, 171, 161, 145, 195, 136, 81, 112, 94, 26)
# Visualizar os dados
View(dados_hansenias)

# MODELO DE REGRESSÃO LINEAR
# Ajustar o modelo de regressão linear
modelo_lm <- lm(INCIDENCIA ~ ANO, data = dados_hansenias)

# Exibir o resumo do modelo
summary(modelo_lm)
```

```

#HISTOGRAMA DO RESIDUOS
hist(modelo_lm$residuals)
shapiro.test(modelo_lm$residuals)

# Plotar o gráfico de dispersão e a linha de regressão linear
plot(dados_hanseniese$INCIDENCIA ~ dados_hanseniese$ANO,
  main = "Incidência de Hanseníase dos anos 2013 a 2023
  na Região Metropolitana do Cariri",
  xlab = "Ano",
  ylab = "Incidência",
  ylim = c(0, 250),
  xlim = c(2013, 2023))
abline(modelo_lm, col = "black")

# MODELO DE REGRESSÃO LOGARÍTMICA
# Ajustar o modelo de regressão logarítmica
modelo_log <- lm(log(INCIDENCIA) ~ ANO, data = dados_hanseniese)

# Plotar o gráfico de dispersão e a linha de regressão logarítmica
plot(dados_hanseniese$INCIDENCIA ~ dados_hanseniese$ANO,
  main = "Incidência de Hanseníase dos anos 2013 a 2023
  na Região Metropolitana do Cariri",
  xlab = "Ano",
  ylab = "Incidência de Hanseníase",
  ylim = c(0, 250),
  xlim = c(2013, 2023))
log_previsees = exp(as.numeric(modelo_log$fitted.values))
points(type = "l", x = dados_hanseniese$ANO, y = log_previsees, col = "blue")
abline(modelo_lm, col = "red")
summary(modelo_log)
shapiro.test(modelo_log$residuals)
hist(modelo_log$residuals)

# Análise dos resíduos do modelo logarítmico
residuals_log = dados_hanseniese$INCIDENCIA - log_previsees
summary(residuals_log)
mean(residuals_log^2)

# MSE - Medida de desempenho (mean squared error)
mean(modelo_lm$residuals^2)
# Previsões para os próximos anos
predict(object = modelo_lm, newdata = data.frame(ANO = c(2024, 2025)))
exp(predict(object = modelo_log, newdata = data.frame(ANO = c(2024, 2025))))

```