

DENILSON JOSÉ SILVA FEITOSA JUNIOR

**Políticas públicas e fatores socioeconômicos na dinâmica da
hanseníase no Estado do Pará**



DENILSON JOSÉ SILVA FEITOSA JUNIOR

**Políticas públicas e fatores socioeconômicos na dinâmica da
hanseníase no Estado do Pará**

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em
Ciências.

Programa de Dermatologia

Orientador: Prof. Dr. Juarez Antônio
Simões Quaresma

SÃO PAULO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Feitosa Junior, Denilson José Silva
Políticas públicas e fatores socioeconômicos na
dinâmica da hanseníase no Estado do Pará / Denilson
José Silva Feitosa Junior. -- São Paulo, 2023.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Dermatologia.
Orientador: Juarez Antônio Simões Quaresma.

Descritores: 1.Hanseníase 2.Inteligência
artificial 3.Fatores socioeconômicos 4.Determinantes
sociais da saúde 5.Epidemiologia 6.Investimentos em
saúde

USP/FM/DBD-203/23

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Nome: FEITOSA JUNIOR, Denilson José Silva

Título: Políticas públicas e fatores socioeconômicos na dinâmica da hanseníase no Estado do Pará.

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do grau de Doutor em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jonas Elias Castro Rocha

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Julgamento: _____

Prof. Dr. Gerson Oliveira Penna

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Julgamento: _____

Prof. Dr. Eliseu Alves Waldman

Instituição: Universidade de São Paulo (USP)

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

A Deus, autor da vida e meu grande capacitador;

A minha querida e surpreendente esposa Ingrid, pelo incondicional apoio e por sonhar comigo em cada etapa;

Ao meu pai, Denilson, por todo amor e abdicação em meu favor e minha mãe, Eva, pelo zelo e pela vida;

Aos meus avós, Roselene, Fátima e Miguel, sou abençoado por tê-los;

As minhas irmãs, Evelin e Emanoeli, pelo cuidado e carinho;

Aos meus sogros, tios, primos e cunhados, vocês também fazem parte desta vitória;

Aos meus grandes amigos da Rede Refúgio, em nome dos meus pastores, Tássio e Clívia, por serem esteio e refrigério;

Aos colegas do Instituto de Patologia Cirúrgica e Molecular, IPCM, representados pelo Dr. Augusto Silva e da Health & Care Soluções Médicas, em nome do meu amigo Jonathan Sarraf, pelo compartilhamento diário da rotina de trabalho;

Aos pacientes acometidos pela hanseníase, que os avanços da ciência possam alcança-los com políticas públicas efetivas.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Juarez Antônio Simões Quaresma, meu orientador e mentor, pela sua dedicação e valioso trabalho não só comigo, mas pela ciência paraense e brasileira;

Aos pesquisadores do Núcleo de Pesquisa em Computação Aplicada, da Universidade Federal Rural da Amazônia, pela cessão da infraestrutura necessária à criação das redes neurais utilizadas neste estudo;

À Secretaria de Estado de Saúde Pública do Pará, SESPA, pelo acesso aos dados secundários de hanseníase que serviram de base para a nossa pesquisa;

A Ruth Eugênio e a Marcelo Alves, secretários do Programa de Dermatologia, pelas orientações administrativas a todo tempo que contribuíram para o bom andamento do meu doutoramento;

Aos Professores Dr. Jonas Elias Castro da Rocha, Dr. Marcus de Barros Braga, Dra. Maria Ângela Bianconcini Trindade e Dra. Carla Pagliari, membros da minha banca de qualificação de doutorado, pelas críticas e sugestões.

“Ora, àquele que é capaz de fazer infinitamente mais do que tudo o que pedimos ou pensamos, de acordo com o seu poder que atua em nós, a ele seja a glória na igreja e em Cristo Jesus, por todas as gerações, para todo o sempre! Amém!”

Efésios 3:20-21 (ARA)

RESUMO

Feitosa Junior DJS. Políticas públicas e fatores socioeconômicos na dinâmica da hanseníase no Estado do Pará [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2023.

A hanseníase é uma doença causada pelo *Mycobacterium leprae* e é endêmica em várias regiões do mundo. Em 1991, a Organização Mundial da Saúde propôs que a hanseníase fosse eliminada até o ano 2000. No entanto, até hoje a hanseníase se mantém como um grave problema de saúde pública e, apesar dos investimentos em saúde, sabe-se que o período pré-patogênico tem forte influência no desenvolvimento desta doença. Neste sentido, os modelos matemáticos e estatísticos podem desempenhar um papel relevante na tomada de decisão para a manutenção de programas para a eliminação de hanseníase e na identificação e vigilância de casos novos. Assim, de forma a compreender os efeitos do investimento em políticas públicas na dinâmica da hanseníase no Estado do Pará, Brasil, nós objetivamos correlacionar, com uso da inteligência artificial, o gasto em alguns programas na área da saúde, educação e assistência social com o coeficiente de detecção geral, coeficiente de detecção em menores de 15 anos e a proporção de casos detectados em grau II de deformidade, entre os anos de 2001 e 2020. Para isso, utilizou-se a tecnologia de redes neurais artificiais para cruzar os dados de indicadores epidemiológicos da hanseníase com indicadores de políticas públicas na área da saúde, educação e assistência social e estimar os seus impactos na dinâmica da doença. A partir dos dados coletados, observa-se uma diminuição progressiva dos indicadores epidemiológicos no Estado e uma correlação de alguns indicadores socioeconômicos com a evolução da hanseníase, estando esta queda relacionada ao investimento federal em saúde, educação e assistência social. Também, foi possível assimilar as Regiões de Saúde do Marajó I, Carajás,

Tapajós, Xingu e Lago do Tucuruí como prioritárias para o combate ao agravo no Pará e, dentre as variáveis estudadas, as que mais impactaram os indicadores epidemiológicos da hanseníase foram: gasto per capita com o Programa Bolsa Família, percentual da população urbana com acesso a água, Índice de Desenvolvimento da Educação Básica nos anos finais do Ensino Fundamental e a taxa de analfabetismo acima dos 15 anos de idade. Por fim, foi detectado que um investimento de R\$ 436,99 mensais, em valores atuais, para cada uma das 965.697 famílias paraenses beneficiárias do PBF em 2020 levaria a um coeficiente de detecção geral estimado para o Pará de 9,54 casos/100mil habitantes, considerado médio.

Palavras-chave: Hanseníase. Inteligência artificial. Fatores socioeconômicos. Determinantes sociais da saúde. Epidemiologia. Investimentos em saúde.

ABSTRACT

Feitosa Junior DJS. Public policies and socioeconomic factors in the dynamics of leprosy in the State of Pará [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2023.

Leprosy is a disease caused by *Mycobacterium leprae* and is endemic in various regions of the world. In 1991, the World Health Organization proposed that leprosy be eliminated by the year 2000. However, to this day, leprosy remains a serious public health problem and, despite investments in healthcare, it is known that the pre-pathogenic period has a strong influence on the development of this disease. In this sense, mathematical and statistical models can play a significant role in decision-making for maintaining programs for leprosy elimination and in the identification and surveillance of new cases. Thus, in order to understand the effects of investment in public policies on the dynamics of leprosy in the state of Pará, Brazil, we aimed to correlate, using artificial intelligence, the expenditure on some programs in the areas of health, education, and social assistance with the overall detection coefficient, detection coefficient in children under 15 years old, and the proportion of cases detected in grade II deformity, between the years 2001 and 2020. For this purpose, artificial neural network technology was used to cross-reference the epidemiological indicators of leprosy with public policy indicators in the areas of health, education, and social assistance and to estimate their impacts on the dynamics of the disease. From the collected data, a progressive decrease in epidemiological indicators in the state is observed, and a correlation of some socioeconomic indicators with the evolution of leprosy, this decrease being related to federal investment in health, education, and social

assistance. Also, it was possible to assimilate the Health Regions of Marajó I, Carajás, Tapajós, Xingu, and Lago do Tucuruí as priorities for combating the disease in Pará, and among the variables studied, those that most impacted the epidemiological indicators of leprosy were: per capita spending on the Bolsa Família Program, percentage of the urban population with access to water, Basic Education Development Index in the final years of elementary school, and the illiteracy rate above 15 years of age. Finally, it was found that an investment of R\$ 436.99 per month, in current values, for each of the 965,697 families in Pará benefiting from the BFP in 2020 would lead to an estimated overall detection coefficient for Pará of 9.54 cases/100,000 inhabitants, considered medium.

Keywords: Leprosy. Artificial intelligence. Socioeconomic factors. Social determinants of health. Epidemiology. Investments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura de uma rede neural	35
Figura 2 - Mapa mostrando a localização do Estado do Pará no Brasil e as regiões de saúde.....	38
Figura 3 - Exemplo de um plano 1x2 de variáveis em uma análise de componentes principais.....	43
Figura 4 - Fluxograma da metodologia de análise dos dados.....	47
Figura 5 - Evolução do CDG, CD15 e PG2D no Estado do Pará, de 2001 a 2020	53
Figura 6 - Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção geral no Estado do Pará, de 2007 a 2020	80
Figura 7 - Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção em menores de 15 anos no Estado do Pará, de 2007 a 2020	81
Figura 8 - Previsões das redes neurais selecionadas para a proporção de detecção em grau II de incapacidade no Estado do Pará, de 2007 a 2020.	82
Quadro 1 - Segmentação das variáveis analisadas	44
Quadro 2 - Segmentação das variáveis de entrada da rede neural.....	62
Quadro 3 - Melhor rede neural artificial por Região de Saúde e indicador epidemiológico analisado	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de detecção geral calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2001 e 2010	54
Tabela 2 - Coeficiente de detecção geral calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2011 e 2020	55
Tabela 3 - Coeficiente de detecção em menores de 15 anos calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2001 e 2010.....	56
Tabela 4 - Coeficiente de detecção em menores de 15 anos calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2011 e 2020.....	57
Tabela 5 - Proporção de detecção de casos em grau II de incapacidade calculada por região de saúde do Estado do Pará, entre 2001 e 2010	58
Tabela 6 - Proporção de detecção de casos em grau II de incapacidade calculada por região de saúde do Estado do Pará, entre 2011 e 2020	59
Tabela 7 - Análise de componentes principais da BD1, com as cargas fatoriais e frequência acumulada dos fatores	63
Tabela 8 - Resultado da Correlação de Pearson das variáveis da BD1.....	64
Tabela 9 - Análise de componentes principais da BD2, com as cargas fatoriais e frequência acumulada dos fatores	65
Tabela 10 - Resultado da Correlação de Pearson das variáveis da BD2....	67
Tabela 11 - Demais resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD2	70
Tabela 12 - Análise de componentes principais da BD3, com as cargas fatoriais e frequência acumulada dos fatores.....	74
Tabela 13 - Resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD3..	75
Tabela 14 - Demais resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD3	76
Tabela 15 - Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção geral no Estado do Pará, de 2007 a 2020	77
Tabela 16 - Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção em menores de 15 anos no Estado do Pará, de 2007 a 2020	78
Tabela 17 - Previsões das redes neurais selecionadas para a proporção de detecção em grau II de incapacidade no Estado do Pará, de 2007 a 2020.	79

Tabela 18 - Métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção geral, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos	83
Tabela 19 - Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção geral, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.....	85
Tabela 20 - Métricas de erro das redes neurais para as estimativas da proporção de detecção em grau II de deformidade, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.....	87
Tabela 21 - Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas da proporção de detecção em grau II de deformidade, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.....	89
Tabela 22 - Métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção em menores de 15 anos, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.....	91
Tabela 23 - Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção em menores de 15 anos, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.....	93
Tabela 24 - Valor ponderado, e seu respectivo módulo, de cada sinapse, por neurônio da camada intermediária e variável analisada	97
Tabela 25 - Ranking da soma dos valores ponderados e soma dos valores ponderados normalizados, por variável analisada	103
Tabela 26 - Coeficiente de detecção geral da hanseníase previsto para cada cenário de aumento do real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família, por Região de Saúde do Estado do Pará, para o ano de 2030....	105
Tabela 27 - Coeficiente de detecção em menores de 15 anos da hanseníase previsto para cada cenário de aumento do real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família, por Região de Saúde do Estado do Pará, para o ano de 2030	106
Tabela 28 - Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade da hanseníase previsto para cada cenário de aumento do real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família, por Região de Saúde do Estado do Pará, para o ano de 2030	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% DE POBRES	Percentual de pobres
% POP_AGUA_ENCANADA	Percentual da população com acesso à água encanada
% POP_COLETA_LIXO	Percentual da população com acesso à coleta de lixo
%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	Percentual da população urbana com abastecimento de água
%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar
%COB_AB	Cobertura da Atenção Básica
%COB_ESF	Cobertura da Estratégia Saúde da Família
%COBERT_PBF	Cobertura do Programa Bolsa Família
AB	Atenção básica
ACP	Análise de componentes principais
APS	Atenção primária à saúde
BD1	Base de dados 1
BD2	Base de dados 2
BD3	Base de dados 3
BSP	Benefício de superação da extrema pobreza
BVJ	Benefício variável vinculado ao adolescente
CD15	Coeficiente de detecção em menores de 15 anos
CDG	Coeficiente de detecção geral
DMA	Desvio médio absoluto
ESF	Estratégia saúde da família
FMS	Fundos municipais de saúde
FNS	Fundo nacional de saúde
Fundeb	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica
Fundef	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental
IA	Inteligência artificial

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de desenvolvimento da educação básica
IDEB_ANOS_FINALIS_EF	Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental
IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental
IDH	Índice de desenvolvimento humano
IDHM	Índice de desenvolvimento humano municipal
IDHM_EDUCACAO	Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação
IDHM_LONGEVIDADE	Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão longevidade
IDHM_RENDA	Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão renda
INPC	Índice nacional de preços ao consumidor
IPCA	Índice nacional de preços ao consumidor amplo
MAE	Erro médio absoluto
MAPE	Erro percentual médio absoluto
MB	Multibacilar
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
MEC	Ministério da Educação
MORT_INFANTIL	Mortalidade infantil
MS	Ministério da Saúde
NRMSE	Raiz do erro quadrático médio normalizada
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSS	Orçamento da seguridade social
PACS	Programa de agentes comunitários de saúde
PB	Paucibacilar
PBF	Programa bolsa família
<i>pbias</i>	Viés de porcentagem
PDE	Plano de desenvolvimento da educação
PG2D	Porcentagem de detecção de casos novos de hanseníase com deformidade de grau II

PNCH	Programa Nacional de Controle da Hanseníase
PSF	Programa saúde da família
R\$_APS/HAB	Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde
R\$_FUNDEB/HAB	Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica
R\$_PBF/HAB	Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família
R\$_VIG/HAB	Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde
RCL	Receita corrente líquida
RENDA_PER_CAPITA	Renda per capita
RMSE	Raiz do erro quadrático médio
RNA	Redes neurais artificiais
SAEB	Sistema de avaliação da educação básica
SESPA	Secretaria de Estado de Saúde Pública do Pará
SINAN	Sistema de informação de agravos de notificação
SMPE	Erro de previsão médio quadrado
SSE	Erro da soma dos quadrados
SUS	Sistema único de saúde
TX_ANALFABETISMO_>15A	Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos
TX_ANALFABETISMO_>18A	Taxa de analfabetismo acima dos 18 anos
TX_ANALFABETISMO_>25A	Taxa de analfabetismo acima dos 25 anos
TX_ANALFABETISMO_11A14	Taxa de analfabetismo dos 11 aos 14 anos
TX_ANALFABETISMO_15A17	Taxa de analfabetismo dos 15 aos 17 anos
TX_ANALFABETISMO_18A24	Taxa de analfabetismo dos 18 aos 24 anos
TX_ANALFABETISMO_25A29	Taxa de analfabetismo dos 25 aos 29 anos
UTI	Unidade de terapia intensiva
VP	Valor ponderado

LISTA DE SÍMBOLOS

\bar{x}
 σ
 \geq
 \leq
 s^2
 Σ
 $\sqrt{\quad}$
 r^2

Valor médio
Desvio padrão
Maior ou igual
Menor ou igual
Variância
Somatório
Raiz quadrada
Coeficiente de detecção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Hanseníase.....	22
2.2 Vigilância epidemiológica da hanseníase	24
2.3 Determinantes sociais e econômicos da hanseníase.....	25
2.4 A Atenção Primária à Saúde.....	27
2.5 Financiamento do SUS	28
2.6 Financiamento da Educação Básica.....	30
2.7 O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica	31
2.8 O Programa Bolsa Família.....	32
2.9 Redes neurais artificiais (RNA).....	33
3 OBJETIVOS	36
3.1 Objetivo geral	36
3.2 Objetivos específicos	36
4 MÉTODOS	37
4.1 Aspectos éticos.....	37
4.2 Desenho e local do estudo	37
4.3 Dados epidemiológicos da hanseníase	38
4.4 Dados de investimentos em saúde, educação e assistência social	40
4.5 Dados socioeconômicos	41
4.6 Análise de Componentes Principais (ACP)	42
4.7 Criação das redes neurais artificiais (RNA).....	46
4.8 Seleção da melhor rede neural.....	49
4.9 Análise dos pesos sinápticos e construção dos cenários.....	51
5 RESULTADOS	53
6 DISCUSSÃO	109
7 CONCLUSÃO	127
8 REFERÊNCIAS	128

1. INTRODUÇÃO

A hanseníase é uma doença causada pelo *Mycobacterium leprae* e é endêmica em várias regiões do mundo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o Brasil continua como o segundo país em número de casos notificados de hanseníase por ano sendo o Estado do Pará o terceiro maior notificador de novos casos e o primeiro quando considerada apenas a região norte do país^{1,2}.

Em 1991, a OMS propôs que a hanseníase fosse eliminada como problema de saúde pública, estipulando como meta o ano de 2000. Para isso, o Brasil implementou uma série de políticas de saúde através do Plano Nacional de Eliminação da Hanseníase, promovendo o tratamento ambulatorial com a poliquimioterapia, campanhas de comunicação e estabelecimento de diretrizes a estados e municípios³.

Porém, em 2005 o Brasil ainda não havia alcançado a meta mundial, tendo o prazo estendido até 2010 e, após, 2020. Percebe-se que ainda hoje a hanseníase permanece como um grave problema de saúde pública, levando a impactos sociais e econômicos não só aos seus portadores, mas à comunidade que os cerca³.

Apesar dos investimentos em diagnóstico e tratamento, sabe-se que o período pré-patogênico tem forte influência no desenvolvimento desta doença. A disseminação de um patógeno requer, além das suas características intrínsecas como virulência e velocidade de transmissão, a vulnerabilidade da população humana a ser infectada. Neste contexto, deve-se considerar que os aspectos

sociais, ambientais e ecológicos propiciam ao agente biológico atingir indivíduos suscetíveis^{4,5}.

Assim, a busca pela eliminação da hanseníase deve perpassar, além da evolução do diagnóstico, tratamento e prevenção de incapacidades, pela melhora da condição de vida da população vulnerável. Neste sentido, entender os determinantes sociais e condicionantes da doença, bem como os efeitos de políticas públicas já implementadas, não só na saúde, mas também na educação e assistência social, poderá embasar políticas nacionais e locais de controle do agravo, visto que se trata de um problema complexo com diversos fatores associados⁶.

Para o melhor entendimento destas variáveis que norteiam a dinâmica da hanseníase em nossa sociedade é relevante o emprego de técnicas multivariadas que permitam análises das diferentes interrelações existentes, quando corretamente utilizadas, estas ferramentas podem desempenhar um papel relevante na tomada de decisão para a manutenção de programas para a eliminação de hanseníase e na identificação e vigilância de casos novos, ainda que existam diferentes abordagens metodológicas, ou dificuldades práticas como fontes de dados confiáveis e tratamento de eventual subnotificação de casos⁷.

A ciência de dados denota um forte poder estatístico na modelagem de fenômenos naturais do nosso cotidiano e vem sendo aplicada em diferentes regiões do mundo, tendo, inclusive já sido identificada, por exemplo, a correlação entre novos casos e aspectos socioeconômicos, onde a maior ocorrência foi associada a maiores desigualdades sociais em um município de São Paulo, Brasil⁸.

Uma das ferramentas mais utilizadas na última década para previsões epidemiológicas com elevada acurácia são as redes neurais artificiais, de maneira que, o seu uso não é incipiente e estudos já foram realizados tanto na hanseníase ⁹, como forma de prever o comportamento da doença estimando, inclusive, quando seria possível a sua eliminação, quanto em outros agravos como a tuberculose^{10,11} e a Covid-19¹², mostrando que estes modelos têm ganhado relevância na última década devido às suas vantagens, sendo capazes de descrever comportamentos não lineares e produzir resultados altamente precisos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hanseníase

Estima-se que a hanseníase, também chamada de Doença de Hansen, afete hoje mais de 4 milhões de pessoas no mundo, seja com doença ativa ou com sequelas físicas causadas pela infecção com o *M. leprae*, bacilo causador deste agravo. O Brasil é um dos principais responsáveis pela manutenção deste número, contribuindo, juntamente com a Índia e a Indonésia, com cerca de 75% dos novos casos diagnosticados em 2021^{13,14}.

Apesar de ser um problema de saúde pública atual, existem relatos desta condição datados desde os tempos bíblicos, mesmo a hanseníase não sendo a única condição incluída no que era chamado genericamente de lepra, ou, em hebraico, *tsara'ath*¹⁵. No entanto, apesar de as informações acerca dos primeiros casos não serem precisas, sabe-se da existência de registros de sinais e sintomas compatíveis entre 1400-600 a.C., na Índia, além de documentos chineses datados de 500 a.C. que descreviam uma doença causadora de lesões de pele, queda de sobrancelhas e perda de sensibilidade que estaria se espalhando pelo território chinês e do Japão¹⁶.

No Brasil, creditam-se os primeiros casos da doença à cidade do Rio de Janeiro, por volta do ano 1600. A sua chegada em nosso território é atribuída aos colonizadores portugueses e outros povos europeus, já que não há registros de hanseníase entre os indígenas brasileiros e a contribuição dos escravos africanos, apesar de ainda discutível, dificilmente teria acontecido levando em

consideração a dificuldade de negociação dos mesmos com lesões de pele ou outras deformidades¹⁷.

A transmissão do *M. leprae* ainda não foi totalmente definida, porém, considera-se que os pacientes multibacilares, pela alta carga de bacilos liberados ao ambiente, são responsáveis pela continuação da transmissão da hanseníase¹⁸, portanto, o risco de ser infectado é maior para aqueles que têm contato próximo com casos confirmados, por conta da transmissão por aerossóis, mas não podendo ser descartada a possibilidade de infecção por contato direto¹⁹. Além da via humano-humano, estuda-se o envolvimento de bacilos do solo e em outros animais na transmissão da hanseníase, sendo este microrganismo já identificado em tatus, peixes, primatas e insetos^{20,21}, porém, a impossibilidade de cultivar o *M. leprae* em meios de cultura sintéticos dificulta o diagnóstico e melhor entendimento das vias de transmissão^{18,22}.

Os primeiros sinais da doença costumam ser cutâneos, razão pela qual a hanseníase é considerada uma doença dermatológica, apesar de acometer também nervos periféricos e mucosas, especialmente as do trato respiratório superior²³. A partir de sintomas e sinais sugestivos, o diagnóstico da hanseníase deve ser feito considerando a presença de pelo menos um dos três sinais cardinais, sendo eles a perda de sensibilidade em uma área de pele hipocrômica ou hiperemiada; espessamento de nervos periféricos acompanhado de perda da sensibilidade ou miastenia nos músculos supridos por esse nervo; ou presença de bacilos álcool-ácido resistentes em esfregaço de raspado intradérmico²⁴.

No Brasil, é imprescindível a classificação da hanseníase em paucibacilar (PB) ou multibacilar (MB), pois o tratamento dependerá desta classificação operacional. Para a OMS, a presença de até cinco lesões de pele com

baciloscopia de raspado intradérmico negativa enseja na classificação do paciente como paucibacilar. Já nos casos onde há a presença de seis ou mais lesões de pele ou baciloscopia de raspado intradérmico positiva o caso deve ser tratado como multibacilar.

Apesar desta classificação ter facilitado a definição do tratamento, muitos pacientes podem ser erroneamente classificados, seja por não apresentarem lesões de pele facilmente visíveis ou por não estarem presentes no momento do diagnóstico. Assim, adota-se também a classificação de Madrid como auxiliar na definição do caso. Nela, a partir dos sinais e sintomas a hanseníase é categorizada em indeterminada, tuberculóide – ambos correspondendo a formas paucibalares –, dimorfa ou virchowiana, sendo estas duas últimas formas multibacilares da doença²⁵. Atualmente, o tratamento é baseado na poliquimioterapia com rifampicina, clofazimina e dapsona para todos os pacientes, sendo o tempo de tratamento inicial de 6 meses para os pacientes PB e 12 meses para os MB²⁶.

2.2 Vigilância epidemiológica da hanseníase

Por vigilância epidemiológica entende-se a coleta, processamento, análise e a interpretação de dados referentes aos casos de hanseníase, inclusive os seus contatos. Esses passos devem ser seguidos em todos os níveis de complexidade da Rede de Atenção à Saúde, para que as informações da doença estejam disponíveis em diferentes territórios. Um caso de hanseníase pode ser descoberto tanto de forma ativa, através da investigação epidemiológica de contatos ou inquéritos e campanhas de diagnóstico, quanto passiva, em casos de demanda espontânea ou encaminhamento²⁷.

Um dos principais objetivos da vigilância de casos da hanseníase é diminuir o tempo de acesso ao tratamento com base em um diagnóstico oportuno. Para isto, são incentivadas ações como o exame de contatos em todos os casos novos, detecção ativa em populações-alvo e aumento da precisão do diagnóstico²⁸. Além disto, a quimioprofilaxia com dose única de rifampicina passou a ser recomendada como tratamento preventivo da hanseníase em áreas hiperendêmicas, sendo indicada para contatos de casos positivos desde que tenham idade superior a 2 anos e seja descartada doença ativa compatível com hanseníase ou tuberculose e na ausência de outras contraindicações²⁴.

De forma a melhor entender o cenário da hanseníase em determinado território, usualmente são utilizados indicadores epidemiológicos, sendo os mais comuns o coeficiente de detecção anual de casos novos, que determinam a tendência da doença e estimam a intensidade das atividades de detecção de casos novos; coeficiente de detecção anual na população menor de 15 anos, que auxilia no entendimento da atividade de transmissão da doença e sua tendência e proporção de casos com incapacidade física grau II entre os casos novos detectados e avaliados no ano, sendo este um indicador do diagnóstico oportuno pois estima a efetividade das atividades para a detecção precoce de casos e a endemia oculta²⁹.

2.3 Determinantes sociais e econômicos da hanseníase

Estudos demonstram que a hanseníase está concentrada em classes economicamente menos favorecidas o que cria um ciclo vicioso onde o diagnóstico e tratamento são atrasados pelo menor acesso à saúde e pelo medo e estigma da doença, ao mesmo tempo em que a doença, por si só, contribui

para manutenção da pobreza em razão do prejuízo à produtividade dos pacientes. A vulnerabilidade desta população não está pura e simplesmente ligada à aspectos monetários, mas também sociais e culturais³⁰.

Neste sentido, é sabido que programas de transferência de renda são capazes de alterar a situação de vulnerabilidade, pois auxiliam não somente na renda familiar, mas estimulam o acesso aos serviços de saúde e educação³¹. Considerando que a maioria dos casos novos de hanseníase se dá em pacientes com poucos anos de estudo, seja pela dificuldade em acessar ou entender informações sobre o agravo ou por já ser naturalmente associada à pobreza, os indicadores educacionais se correlacionam aos epidemiológicos da hanseníase^{32,33}. Adicionalmente, o menor nível de educação não foi somente relacionado ao risco de desenvolver a doença, mas também está associado ao desenvolvimento de incapacidades³⁴.

Importante salientar que o baixo desenvolvimento econômico não é apenas um fator de risco individual, mas comunitário, já que estudos demonstraram que localidades mais carentes apresentam menor controle da hanseníase. Isto pode estar diretamente associado à disponibilidade e a qualidade dos serviços de saúde municipais, que sofrem influência da economia local, pois municípios com maior geração de riquezas, geralmente, oferecem uma rede de atenção de maior qualidade a sua população³⁵.

Porém, o maior acesso a saúde pode garantir maior descoberta do número de casos, mas não é suficiente para o controle da doença, considerando os demais condicionantes da doença, amplamente ligados a pobreza, como baixo índice de desenvolvimento humano (IDH), menor disponibilidade de água tratada e coleta de lixo⁶.

2.4 A Atenção Primária à Saúde

O modelo de Atenção Primária à Saúde (APS) do Brasil, também denominada Atenção Básica (AB), principalmente em documentos oficiais do governo brasileiro, representa um dos maiores sistemas de saúde universal do mundo, já existindo diversas evidências da sua influência na redução de mortalidade e desigualdade em saúde. Sua implantação avançou consideravelmente após o estabelecimento da Estratégia Saúde da Família (ESF) como política nacional, que rompeu o modelo tradicional de saúde voltado apenas para o atendimento hospitalar^{36,37}.

O Programa Saúde da Família (PSF) foi criado em 1994 pelo Ministério da Saúde, absorvendo o Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS) – criado em 1991. Com a criação do PSF, o Governo Federal passou a exigir a aderência de estados e municípios para que fossem repassados recursos de financiamento da atenção básica, elevando sua abrangência, chegando até 80,2% dos municípios brasileiros em 2004. Em 2006, o PSF passou a ser denominado ESF³⁸.

Com a criação das Redes de Atenção à Saúde, a Atenção Básica passou a ser definida como coordenadora do cuidado, devendo reconhecer as necessidades da população adstrita ao seu território e contribuir com a organização dos serviços de saúde. Ainda, ficou categorizada como uma das portas de entrada ao SUS, sendo frequentemente o primeiro contato do cidadão com o Sistema³⁸.

2.5 Financiamento do SUS

A Constituição de 1988, que criou o Sistema Único de Saúde (SUS), inovou ao definir a saúde como um direito fundamental de acesso universal e igualitário, sendo obrigação estatal a sua prestação mediante um sistema único³⁹. Assim, no Brasil, a saúde é tida como um direito de todos os cidadãos e dever do Estado, garantida mediante políticas sociais e econômicas que visem ao bem estar biopsicossocial da população⁴⁰.

Ainda na Carta de 1988, foi estabelecido que a saúde, a previdência e a assistência social, comporiam a chamada seguridade social, financiada por um único bloco de fontes relacionadas ao Orçamento da Seguridade Social (OSS). Considerando o princípio da descentralização, o financiamento do SUS também se dá por meio de um esquema tripartite, integrando recursos da União, dos estados, Distrito Federal e municípios, advindo o financiamento da seguridade social de recursos destes entes e das contribuições sociais, compostas por contribuição dos empregadores (incidente sobre a folha de salários, o faturamento, o lucro líquido); contribuição dos trabalhadores e 50% da receita de concursos e prognósticos (loteria)⁴¹.

A partir da promulgação da Emenda Constitucional nº 95 de 2016, a chamada “PEC do teto de gastos”, a aplicação mínima de recursos da União em ações e serviços públicos de saúde passou a ser de 15% da receita corrente líquida (RCL) em 2017, e nos anos seguintes este valor acrescido do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Já segundo a Lei Complementar nº 141/2012, os estados e o Distrito Federal devem aplicar, no mínimo, 12% das receitas advindas dos impostos de natureza estadual, das receitas de transferência da União e de outras receitas correntes, deduzidas as

parcelas que forem transferidas aos respectivos municípios. Quanto aos municípios, o mínimo é de 15% da arrecadação de impostos de natureza municipal, receitas de transferência da União e do estado e de outras receitas correntes⁴¹.

Já a Portaria nº 204/2007 do Ministério da Saúde regulamentou o financiamento e a transferência dos recursos federais para as ações e os serviços de saúde, na forma de blocos de financiamento, sendo eles: bloco da atenção básica; bloco de atenção de média e alta complexidade ambulatorial e hospitalar; bloco de vigilância em saúde; bloco de assistência farmacêutica; bloco de gestão do SUS e investimentos na rede de serviços de saúde³⁹.

Apesar do financiamento compartilhado, estudos demonstram a clara a importância da União, com contribuições correspondendo a, minimamente, um terço do financiamento de todas as áreas de atenção. Assim, a União se estabelece como o único ente federativo com participação expressiva no financiamento de todas as funções de atenção à saúde, dando a ela maior relevância da definição dos modelos de atenção e alocação dos recursos⁴².

Entre 2004 e 2019, houve aumento da participação dos municípios no financiamento (de 24,8% para 31,4%) e redução da participação da União (de 49,1% para 42,1%), mantendo-se a participação dos estados por volta dos 26%. Mas, o percentual gasto por cada ente varia de acordo com atenção estudada, tendo o padrão de alocação de gastos do SUS mostrado que União e municípios têm atuado mais fortemente na atenção básica e vigilância em saúde, com participação mínima dos estados nestas áreas; estes, detêm os maiores gastos nas áreas de exames diagnósticos e internações, concentrando financiamento em funções ligadas à média e alta complexidade⁴².

2.6 Financiamento da Educação Básica

Em 1996, através da Emenda Constitucional nº 14, de 12 de setembro, foi criado o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental (Fundef). A sua principal determinação foi que, nos dez anos seguintes, os Estados, Distrito Federal e municípios deveriam destinar minimamente 60% dos recursos advindos do recolhimento de impostos, conforme rege o artigo 212 da Constituição Federal, à manutenção e desenvolvimento do ensino fundamental⁴³.

O texto original da Constituição já determinava que 25% das receitas deveriam ser gastas com educação, a partir de então, 60% deste montante deveria ser destinado exclusivamente ao ensino fundamental. Além disso, obrigou a União a complementar os investimentos em caso de Estados e Municípios, com suas próprias receitas não alcançarem um mínimo nacional definido⁴³.

Dentre os principais objetivos do Fundef estão: a redução das diferenças regionais verificadas em relação ao custo aluno/ano e ao salário pago aos professores; o aumento da matrícula no ensino fundamental visando à redução do analfabetismo; a regularização do fluxo escolar com a redução da distorção idade/série e o acompanhamento e controle do financiamento do ensino fundamental através de conselhos específicos⁴⁴.

Ao final dos 10 anos de vigência do Fundef, estudos mostraram que ele não foi capaz de superar os desafios da educação brasileira. Com o seu fim, foi então expedido o Projeto de Emenda Constitucional nº 415, de 12 de maio de 2005, dando início ao que seria o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

Básica, o Fundeb, criado pela Emenda Constitucional nº 53, de 19 de dezembro de 2006⁴⁵.

As principais diferenças entre o Fundef e Fundeb são a abrangência e melhor descrição na operacionalização do fundo. Quanto à abrangência, enquanto o Fundef era específico para o Ensino Fundamental, o Fundeb contempla a educação infantil, anos iniciais e finais do Ensino Fundamental urbano e rural, Ensino Médio urbano e rural, Ensino Médio profissionalizante, Educação de Jovens e Adultos, Educação Especial, Educação Indígena e de Quilombolas. Também, o Fundeb aumentou o percentual da subvinculação e adicionou mais fontes de recursos ao fundo⁴⁵.

A instituição do Fundeb auxiliou na universalização da educação no Brasil, ampliando a vinculação e subvinculação de receitas à educação básica, garantindo o investimento de verbas públicas para este fim, se afirmando como uma política pública que visou à garantia do direito social da educação. Também, reafirmou a cooperação entre os entes federados, que começou com o Fundef, mas ampliou-se no Fundeb^{46,47}.

2.7 O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) é um indicador utilizado no acompanhamento do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE). Este indicador mensura a qualidade da educação básica a partir da combinação do resultado do desempenho dos estudantes no Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) com indicadores de fluxo escolar (promoção, retenção e evasão), produzidos pelo Censo Escolar^{48,49}.

Como o principal foco do indicador é medir se o conhecimento em Língua Portuguesa e Matemática estão adequados ao ano escola e se o aluno foi aprovado ao fim do ano, ele pode ser utilizado para mensurar de maneira geral o aproveitamento escolar e, a partir de seus resultados, formular hipóteses para os bons e maus resultados⁴⁸. Por exemplo, estudos já demonstraram que o fator pobreza está altamente correlacionado ao mau desempenho dos estudantes⁵⁰.

2.8 O Programa Bolsa Família

O Programa Bolsa Família (PBF) foi criado em outubro de 2003 com o intuito de unificar programas já existentes que visavam combater a pobreza extrema, a fome e a desigualdade social. Os programas federais anteriores eram a Bolsa Escola Nacional, Bolsa Alimentação, Auxílio Gás e Cartão Alimentação, que estavam vinculados a quatro ministérios distintos: Educação, Saúde, Minas e Energia, Segurança Alimentar e Combate à Fome, respectivamente^{51,52}.

Com o surgimento do PBF, estes programas, então unificados no Ministério do Desenvolvimento Social, passaram a ter regras de elegibilidade claras, focalizando os benefícios. Passaram a ser adotadas duas linhas para concessão do benefício: de pobreza e extrema pobreza. As famílias em extrema pobreza passaram a ter direito a um benefício monetário de valor único e as em situação de pobreza um benefício variável caso tivessem crianças de até 15 anos de idade. Posteriormente, novos benefícios variáveis foram incorporados, como o Benefício Variável Vinculado ao Adolescente (BVJ), em 2007, surgiu e o Benefício de Superação da Extrema Pobreza (BSP) entre 2012 e 2013⁵².

Em suma, o PBF consolidou-se como um programa de transferência condicionada de renda, sendo realizadas em dinheiro, para famílias e de forma

focalizada, buscando atender aos mais pobres, além de ser condicionado ao cumprimento de compromissos, em geral em saúde e educação⁵². Estudos têm associado que estas condicionantes promoveram, com a expansão do PBF a redução da pobreza e da desigualdade de renda, e melhora de fatores relacionados à saúde humana e ambiental. Esses estudos também forneceram evidências do aumento do uso de serviços preventivos de saúde e diminuição dos níveis de doenças, especialmente em crianças^{53,54}.

É importante reconhecer que o PBF tem limitações, especialmente em abordar a natureza multidimensional da pobreza e da vulnerabilidade, incluindo a oferta de emprego e as condições de trabalho. Porém, mesmo com estas lacunas, o Programa se estabeleceu como uma ferramenta para enfrentar os riscos sociais dos seus beneficiários⁵⁵.

2.9 Redes neurais artificiais (RNA)

A inteligência artificial é uma das tecnologias da ciência da computação e é capaz de realizar análises complexas em saúde. Seu uso não está restrito a uma etapa da história natural das doenças, sendo aplicado no rastreamento, diagnóstico ou tratamento, o que está alinhado a diversos desafios da medicina moderna, pois com o crescente conhecimento na área da saúde, é importante integrá-los para resolver problemas complexos^{55,56}.

Dentre as técnicas de inteligência artificial, as redes neurais artificiais (RNA) parecem ser as mais utilizadas na medicina⁵⁷. Apesar de promissoras, as RNA não são novas e o primeiro modelo matemático de um neurônio artificial foi criado em 1943 por McCulloch e Pitts⁵⁸. Ela consiste em uma máquina projetada para modelar a maneira pela qual o cérebro realiza uma determinada tarefa ou função

de interesse. A rede geralmente é implementada por meio de componentes eletrônicos ou é simulada em software em um computador⁵⁹. Estes componentes eletrônicos, chamados “neurônios”, são capazes de processar dados e aprender, a partir deles, padrões para definir tendências em comportamentos não-lineares e correlacionar estas tendências com outros dados independentes⁶⁰.

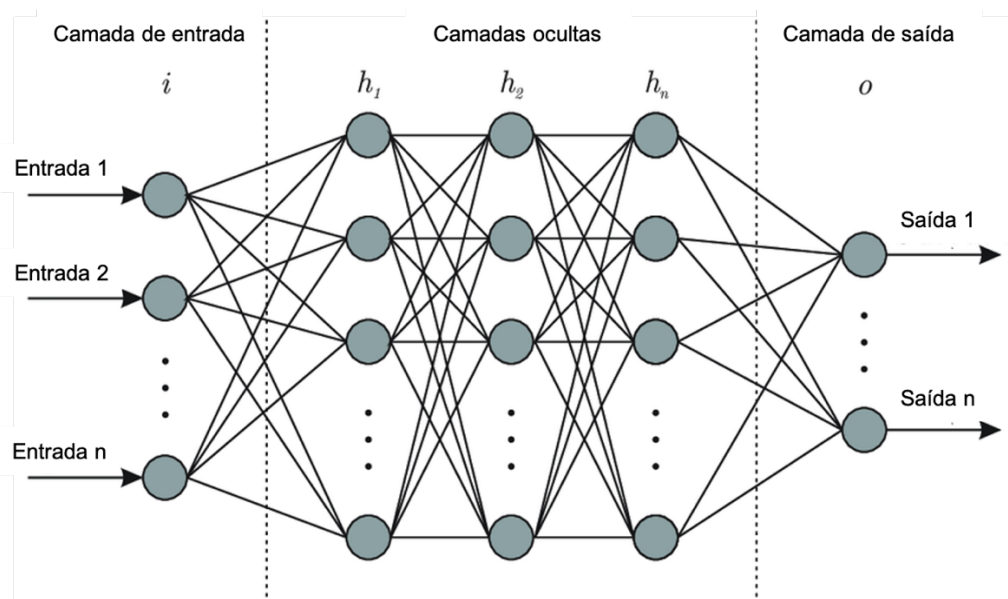
Usualmente, as redes neurais artificiais processam os dados através de camadas de neurônios, havendo uma para a entrada dos dados e uma para a saída destes. Entre estas duas camadas, uma ou mais camadas intermediárias, chamadas também ocultas, estão conectadas entre si. Este arranjo auxilia na capacidade de aprendizagem da rede e ajuste dos dados, pois todos os neurônios estão conectados entre si. Para cada uma destas conexões, existe um peso (valor) numérico associado diferente que define sua importância no processamento geral. Para se obter um bom desempenho, as redes neurais artificiais empregam uma interconexão massiva dos “neurônios”, tornando uma rede neural vista como uma máquina adaptativa⁵⁷.

O aprendizado destas redes se baseia justamente no ajuste dos pesos, o que torna as RNA capazes de aprender com a sua própria experiência^{60,61}. Para realizar o processo de aprendizagem, é utilizado um algoritmo, cuja função é modificar os pesos sinápticos da rede de forma ordenada para atingir o objetivo desejado pelo projeto. Uma rede neural artificial é um grande mapeador entrada-saída, pois o modelo computacional é capaz de aprender como transformar uma determinada entrada na saída desejada, através do ajuste dos pesos a partir do algoritmo de treinamento. A modificação dos pesos sinápticos fornece o método tradicional para o projeto de redes neurais⁶².

Além do uso em doenças transmissíveis como a hanseníase e a tuberculose⁶³, a técnica de redes neurais artificiais já foi estudada para o diagnóstico de infarto agudo do miocárdio⁶⁰, desordens oftalmológicas⁶⁴ e até mesmo de tumores⁶⁵, através da análise de exames de imagem, podendo auxiliar na detecção e estimar prognóstico em tumores gastrointestinais, de fígado⁶⁶ e neurológicos⁶⁷, por exemplo.

Esta tecnologia também já foi utilizada recentemente no território do Estado do Pará, tendo sido desenvolvida uma modelagem das regiões de saúde paraenses em uma pesquisa a partir de dados de saúde durante a pandemia da Covid-19. O objetivo foi estimar a necessidade de leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) a partir do número de casos e óbitos no Estado¹². Estes estudos são importantes bases pois a dinâmica dos fatores socioeconômicos e de saúde são específicos para cada região do Brasil.

Figura 1 – Arquitetura de uma rede neural.



FONTE: Adaptado de Bre, Gimenez e Fachinotti, 2017⁶⁸.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi analisar os efeitos do investimento em políticas públicas na dinâmica da hanseníase no Estado do Pará, Brasil, através de análises multivariadas com fatores de saúde pública, educacionais e assistência social.

3.2 Objetivos específicos

- Correlacionar os investimentos em atenção básica, vigilância em saúde, educação básica e com o Programa Bolsa Família com os indicadores epidemiológicos da hanseníase;
- Estimar as variáveis socioeconômicas, educacionais e de saúde que mais se correlacionam com os indicadores epidemiológicos da hanseníase;
- Projetar a dinâmica da hanseníase no Estado do Pará em diferentes cenários de investimento das variáveis reportadas como significantes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aspectos éticos

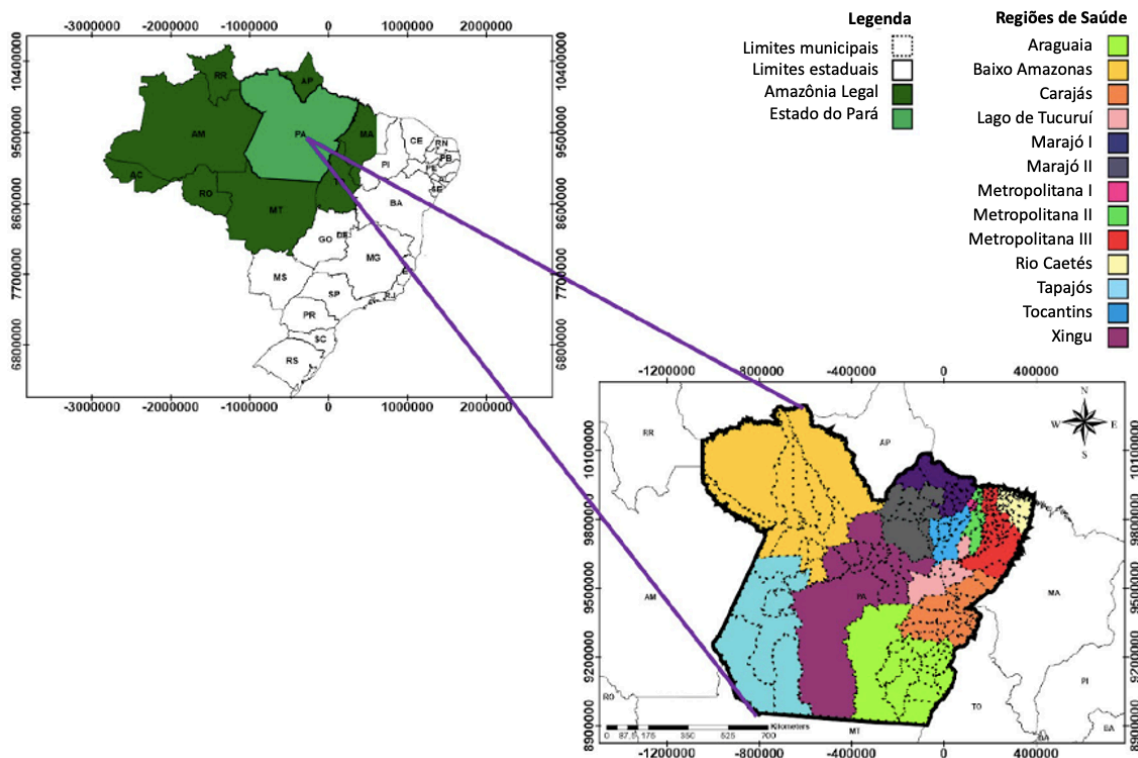
O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCFMUSP (Parecer 4.554.865 de 24/2/2021). Os dados que não estão inclusos em fonte de dados abertos foram obtidos a partir da Lei de Acesso à Informação (Lei N° 12.527, de 18 de novembro de 2011) e não contém informações sensíveis ou que permitam a identificação pessoal dos pacientes.

4.2 Desenho e local do estudo

Foi realizado um estudo ecológico longitudinal utilizando as bases de dados nacionais, com diferentes períodos para cada variável. A unidade territorial do estudo foram as 13 regiões de saúde do Estado do Pará. Este Estado possui um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH), ocupando o 24º lugar (0,646) entre os 26 estados do Brasil e o Distrito Federal e possui cerca de 1.245.870 km² de área e 8.442.962 de habitantes, conforme estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2022⁶⁹.

O estado do Pará possui 13 regiões de saúde: Araguaia, Baixo Amazonas, Carajás, Lago de Tucuruí, Marajó I, Marajó II, Metropolitana I, Metropolitana II, Metropolitana III, Rio Caetés, Tapajós, Tocantins e Xingu. As Regionais de Saúde são unidades administrativas distribuídos por todo o território paraense visando a descentralização dos serviços e redução de barreiras geográficas para melhor atender os cidadãos (Fig. 1).

Figura 2 - Mapa mostrando a localização do Estado do Pará no Brasil e as regiões de saúde.



FONTE: Adaptado de Braga et. al, 2021¹².

Todos os dados foram analisados a partir do território de uma região de saúde para que os coeficientes e demais variáveis fossem suavizados, diminuindo o risco de correlações errôneas pela disparidade da qualidade de dados entre municípios.

4.3 Dados epidemiológicos da hanseníase

Os dados epidemiológicos da hanseníase foram coletados da base de dados oficial do Ministério da Saúde do Brasil no Sistema de Informação de Agravos de

Notificação (SINAN), do ano de 2004 a 2020. As variáveis de saída (alvo) para os modelos de previsão são os valores de cada coeficiente, que são:

a) Coeficiente de detecção na população geral (CDG): novos casos confirmados de hanseníase em residentes $\times 100.000/\text{Total população residente}$ no período determinado. Esses dados permitem estimar o comportamento geral da hanseníase na localidade estudada.

b) Coeficiente de detecção em menores de 15 anos (CD15): novos casos confirmados de hanseníase em residentes menores de 15 anos $\times 100.000/\text{População menor de 15 anos de idade residente}$ no período determinado. Ao avaliar a transmissão em crianças e adolescentes, este indicador permite conhecer a intensidade da transmissão em uma determinada área.

c) Porcentagem de detecção de casos novos de hanseníase com deformidade grau II (PG2D): novos casos confirmados de hanseníase, com deformidade grau II, definida como a presença de deformidades ou danos visíveis nos olhos (lagofthalmia e/ou ectrópio, triquiase, opacidade, acuidade visual inferior a 0,1 ou dificuldade em contar dedos a 6 metros), danos visíveis nas mãos ou pés (mãos com ulcerações e/ou traumáticas, reabsorção óssea, mão em garra, mão caída, úlceras; pés com lesões tróficas e/ou traumáticas, reabsorção óssea, pé em garra, pé caído, úlceras, contratatura do tornozelo), em residentes $\times 100/\text{novos casos confirmados de hanseníase em residentes}$ no período determinado. Essa ferramenta permite o acompanhamento do diagnóstico tardio, pois novos casos foram diagnosticados em estágios mais avançados de deformidade.

4.4 Dados de investimento em políticas de saúde, educação e assistência social

Para mensurar o investimento em políticas de saúde, foram escolhidos os dados de repasse anual do Fundo Nacional de Saúde (FNS) aos Fundos Municipais de Saúde (FMS) com rubrica para Atenção Básica (R\$_APS) e Vigilância em Saúde (R\$_VIG), consultados no Ministério da Saúde. Já o gasto com educação foi mensurado a partir do repasse anual da União aos municípios pelo FUNDEF (Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental), de 2004 a 2006 e FUNDEB (Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação), de 2007 a 2020, ambos fornecidos pelo Ministério da Educação (R\$_FUNDEB).

Por fim, o investimento em políticas de assistência social foi mensurado a partir do gasto anual com o Programa Bolsa Família, do Ministério do Desenvolvimento Social, de 2004 a 2020, por município de residência do beneficiário (R\$_PBF). Todos os valores foram utilizados em moeda corrente nacional, o Real brasileiro, e deflacionados a partir da relação entre a média anual do Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do ano base com o ano de 2020⁷⁰.

Para melhor análise, após a correção pelo INPC, os valores foram divididos pela população, criando-se uma variável em “real gasto por habitante”, a fim de equalizarmos as análises e mitigarmos os riscos de vieses relacionados às diferentes densidades demográficas.

4.5 Dados socioeconômicos

Além dos dados monetários coletados a partir do repasse da União aos municípios nos programas citados anteriormente, foram captados dados socioeconômicos da população.

Do Ministério da Saúde, foram captadas informações acerca da cobertura da atenção básica (%COB_AB) e da estratégia saúde da família (%COB_ESF). Já do Ministério da Educação, dados do índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB), tanto para anos iniciais (IDEB_ANOS_INICIAIS_EF) quanto para finais no ensino fundamental (IDEB_ANOS_FINALS_EF).

A partir do último censo do IBGE, o de 2010, foram obtidos dados da população com acesso a água encanada (% POP_AGUA_ENCANADA), coleta de lixo (% POP_COLETA_LIXO), mortalidade infantil (MORT_INFANTIL), IDH municipal (IDHM) e suas três dimensões: renda (IDHM_RENDA), longevidade (IDHM_LONGEVIDADE) e educação (IDHM_EDUCACAO).

Ainda com base no censo, coletou-se informações acerca do analfabetismo entre as faixas etárias de 11 a 14 (TX_ANALFABETISMO_11A14), 15 a 17 (TX_ANALFABETISMO_15A17), 18 a 24 (TX_ANALFABETISMO_15A17), 25 a 29 (TX_ANALFABETISMO_25A29), >25 (TX_ANALFABETISMO_>25), >15 (TX_ANALFABETISMO_>15) e >18 anos (TX_ANALFABETISMO_>18). Por fim, da mesma fonte, foram extraídos dados de renda per capita (RENDA_PER_CAPITA) e percentual de pobres (% DE POBRES).

4.6 Análise de Componentes Principais (ACP)

Uma prática comum em modelos de inteligência artificial conexionistas, como as RNA, é o uso de técnicas de redução da dimensionalidade, para melhorar o desempenho do processo. Este pré-processamento (tratamento nos dados antes de submeter à rede neural) ajuda a diminuir o montante de cálculos matemáticos que precisam ser realizados em cada neurônio ao longo do treinamento da rede, mantendo apenas as variáveis que mais influenciam no aprendizado da rede neural. Para reduzir o número de variáveis que foram utilizadas na camada de entrada das Redes Neurais Artificiais (RNA), os dados foram submetidos, de forma padronizada, a Análise de Componentes Principais (ACP), buscando um número menor de variáveis ortogonais latentes que representem a variância máxima dos dados originais e que não são correlacionados entre si.

Para tanto, compreendendo a periodicidade de aquisição de 32 variáveis sociais e econômicas, o banco de dados foi segmentado em três, de acordo com a disponibilização de cada série histórica, conforme o Quadro 1.

As variáveis latentes foram determinadas a partir da combinação linear entre valores padronizados das variáveis utilizadas na ACP e seus respectivos autovetores de cada dimensão (Eq. 1) representando um novo sistema de coordenadas, este é o resultado da rotação das variáveis envolvidas em análise. O número de dimensões foi definido de acordo com o critério de Kaiser⁷¹, que afirma que componentes com autovalores maiores que um representam

variância suficiente dos dados totais, explicando assim as informações carregadas pelas variáveis originais⁷².

$$\begin{aligned} Y_1 &= e_{11} \frac{X_1 - \mu_1}{\sigma_1} + e_{12} \frac{X_2 - \mu_2}{\sigma_2} + \dots + e_{1p} \frac{X_p - \mu_p}{\sigma_p} \\ Y_2 &= e_{21} \frac{X_1 - \mu_1}{\sigma_1} + e_{22} \frac{X_2 - \mu_2}{\sigma_2} + \dots + e_{2p} \frac{X_p - \mu_p}{\sigma_p} \\ Y_p &= e_{p1} \frac{X_1 - \mu_1}{\sigma_1} + e_{p2} \frac{X_2 - \mu_2}{\sigma_2} + \dots + e_{pp} \frac{X_p - \mu_p}{\sigma_p} \end{aligned} \quad (1)$$

Onde:

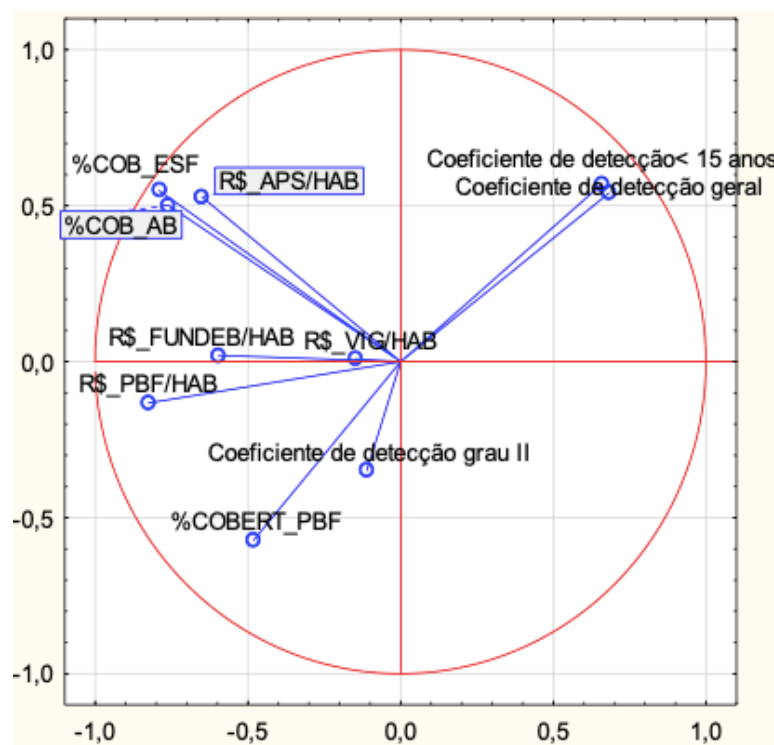
Y é a variável latente p;

X é um vetor aleatório com variáveis p;

μ e σ são o valor médio e o desvio padrão da variável p e

e são os autovetores p originados exclusivamente na matriz de correlação X ρ , com autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

Figura 3 – Exemplo de um plano 1x2 de variáveis em uma análise de componentes principais.



FONTE: Elaboração própria.

Quadro 1 - Segmentação das variáveis analisadas

Região de Saúde	Hanseníase	Variáveis Socioeconômicas		
		BD1 (Anos 2007 a 2020)	BD2 (Ano de 2010)	BD3 (Anos de 2013, 2015 e 2017)
Araguaia	Coefficiente de detecção geral	R\$_PBF/HAB	R\$_PBF/HAB	R\$_PBF/HAB
Baixo Amazonas	Coefficiente de detecção em <15 anos	R\$_FUNDEB/HAB	R\$_FUNDEB/HAB	R\$_FUNDEB/HAB
Caetés	% de detecção em G2D	R\$_APS/HAB	R\$_APS/HAB	R\$_APS/HAB
Carajás		R\$_VIG/HAB	R\$_VIG/HAB	R\$_VIG/HAB
Lago do Tucuruí		%COBERT_PBF	%COBERT_PBF	%COBERT_PBF
Marajó I		%COB_ESF	%COB_ESF	%COB_ESF
Marajó II		%COB_AB	%COB_AB	%COB_AB
Metropolitana I			% POP_AGUA_ENCANADA	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF
Metropolitana II			% POP_COLETA_LIXO	IDEB_ANOS_FINALS_EF
Metropolitana III			MORT_INFANTIL	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA
Tapajós			IDHM	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS
Tocantins			IDHM_RENDA	
Xingu			IDHM_LONGEVIDADE	
			IDHM_EDUCACAO	
			TX_ANALFABETISMO_11A14	
			TX_ANALFABETISMO_15A17	
			TX_ANALFABETISMO_18A24	
			TX_ANALFABETISMO_25A29	
			TX_ANALFABETISMO_>25	
			TX_ANALFABETISMO_>15A	
			TX_ANALFABETISMO_>18A	
			RENDA_PER_CAPITA	
			% DE POBRES	

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: BD1: Base de dados 1; BD2: Base de dados 2; BD3: Base de dados 3; G2D: Grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; % POP_AGUA_ENCANADA: Percentual da população com acesso à água encanada; % POP_COLETA_LIXO: Percentual da população com acesso à coleta de lixo; MORT_INFANTIL: Mortalidade infantil; IDHM: Índice de desenvolvimento humano municipal; IDHM_RENDA: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão renda; IDHM_LONGEVIDADE: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão longevidade; IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação;

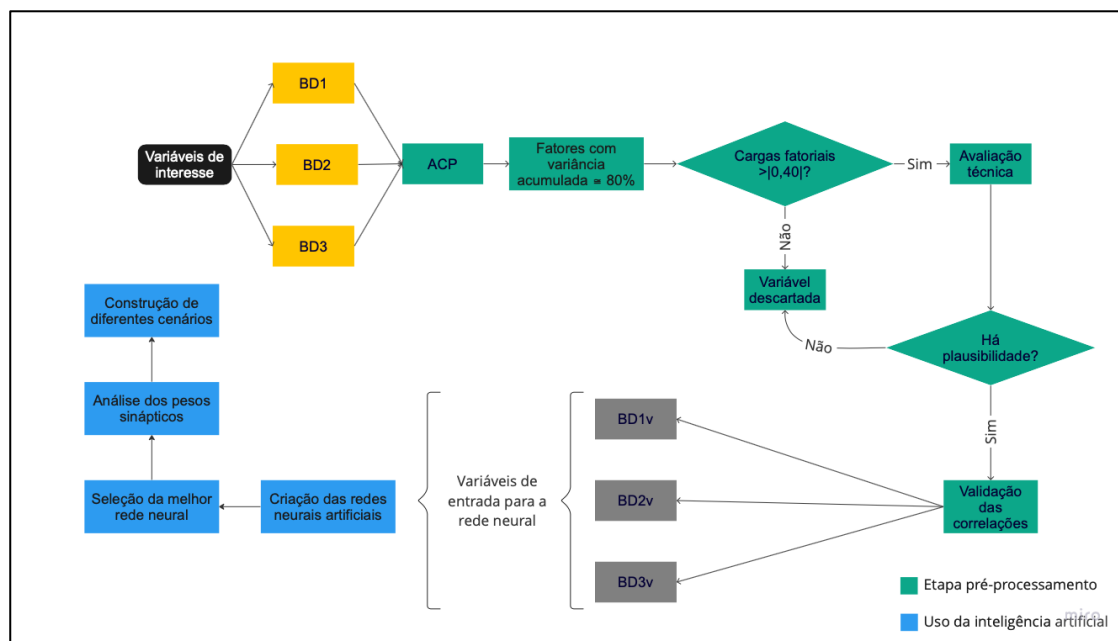
TX_ANALFABETISMO_11A14: Taxa de analfabetismo dos 11 aos 14 anos; TX_ANALFABETISMO_15A17: Taxa de analfabetismo dos 15 aos 17 anos; TX_ANALFABETISMO_18A24: Taxa de analfabetismo dos 18 aos 24 anos; TX_ANALFABETISMO_25A29: Taxa de analfabetismo dos 25 aos 29 anos; TX_ANALFABETISMO_>25A: Taxa de analfabetismo acima dos 25 anos; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos; TX_ANALFABETISMO_>18A: Taxa de analfabetismo acima dos 18 anos; RENDA_PER_CAPITA: Renda per capita; % DE POBRES: Percentual de pobres; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar.

Após a definição dos componentes principais, foram mantidos os componentes suficientes para explicar 80% da variância, em cada segmentação (BD1, BD2 e BD3). Posteriormente, foi aplicado um limite de $]|0,40|$ para as cargas fatoriais, sendo as variáveis com valores menores que este descartadas⁷³. As variáveis restantes foram interpretadas, sendo avaliada a plausibilidade com o fenômeno estudado e se a proporcionalidade da carga fatorial estava condizente, ou seja, se cargas fatoriais negativas de fato se correlacionavam de maneira proporcional às cargas fatoriais dos indicadores epidemiológicos da hanseníase e vice-versa. Por fim, foram validados os resultados das correlações entre as variáveis, o que resultou em três novos bancos de dados, derivados dos primeiros. As variáveis restantes nestes novos bancos foram utilizadas como entrada para as redes neurais artificiais. Ao final desta etapa, estes novos dados já podem ser submetidos à rede neural, pois foram mantidos apenas aqueles com alto grau de relevância.

4.7 Criação das redes neurais artificiais (RNA)

Na etapa seguinte, após a aplicação da ACP, as RNAs foram criadas e treinadas com algoritmo de retropropagação do erro (*Backpropagation*) para obter os pesos sinápticos que melhor expressem as projeções para os anos de 2023, 2024, 2025 e 2026 do coeficiente de detecção geral de Hanseníase nas diferentes regiões de saúde do estado do Pará, em diferentes cenários sociais. No processo de treinamento das RNAs, como medida do aprendizado da rede, utilizou-se a minimização do erro quadrático médio em pelo menos 0,1% após dez épocas ou no máximo 1000 épocas como critério de parada das redes.

Figura 4 – Fluxograma da metodologia de análise dos dados.



Fonte: Elaboração própria.

A arquitetura de RNA utilizada tem 17 neurônios na camada de entrada. Destas, 13 correspondem a regiões de saúde (Araguaia, Baixo Amazonas, Carajás, Lago de Tucuruí, Marajó I, Marajó II, Metropolitana I, Metropolitana II, Metropolitana III, Rio Caetés, Tapajós, Tocantins e Xingu), 3 são as variáveis de tipos de coeficiente de detecção (coeficiente de detecção na população geral; coeficiente de detecção em menores de 15 anos e coeficiente de detecção para hanseníase com deformidade grau II) e 1 corresponde ao ano.

A RNA do tipo *Perceptron* Multicamadas foi testada com uma faixa de 5 a 11 neurônios na camada oculta. A camada de saída possui um neurônio, responsável por indicar a resposta do índice de detecção geral. Para definir o alcance dos neurônios testados na camada oculta das RNAs, foi realizada uma adaptação ao método tradicional de Fletcher-Gloss⁷⁴ (Eq. 2).

$$(2 \cdot \sqrt{n} + n_2) - \alpha \leq n_1 \leq \alpha + (2 \cdot \sqrt{n} + n_2) \quad (2)$$

Onde:

α = (coeficiente de detecção geral, para coeficiente de detecção grau II e para coeficiente de detecção abaixo de 15 anos);

n = número de neurônios na camada de entrada;

n_1 = número de neurônios testados na camada oculta e

n_2 = número de neurônios na camada de saída.

Esta adaptação foi realizada porque a forma tradicional resultaria em um longo tempo de processamento para modelar as variáveis. Isso ocorreria devido ao número de diferentes arquiteturas que seriam treinadas de acordo com o número de variáveis de entrada.

Quatro funções de ativação foram testadas nas camadas oculta e de saída: identidade, exponencial, logística e tangente hiperbólica. Por isso, considerando todas as combinações entre o número de neurônios e funções de ativação, 100 RNAs diferentes foram treinadas para realizar a modelagem, utilizando 70% do banco de dados para treinamento, 15% para teste e 15% para validação.

Dentre as RNAs treinadas para cada cenário, as cinco melhores foram selecionadas com base na menor média do Erro da Soma dos Quadrados (SSE) (Eq. 3) e no maior coeficiente de correlação linear de Pearson entre os valores reais observados (r), considerando o conjunto de treinamento (Eq. 4).

$$SSE = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (3)$$

$$r_{y\hat{y}} = \frac{cov(y_i, \hat{y}_i)}{\sqrt{s^2(y_i) \cdot s^2(\hat{y}_i)}} \quad (4)$$

Onde:

\hat{y}_i são os valores previstos;

y_i são os valores observados;

cov é a covariância da amostra e

s^2 é a variância da amostra.

Todos os procedimentos de análise de componentes principais e os testes com as redes neurais artificiais foram realizados utilizando o software Statistica versão 13.5⁷⁵.

4.8 Seleção da melhor rede neural

Após selecionar cinco melhores RNAs na fase de treinamento, a melhor rede para cada cenário de previsão foi selecionada com base no valor ponderado (VP; Equação 4) das medidas de precisão calculadas a partir do conjunto de dados de teste: $r_{y\hat{y}}$, erro médio absoluto (MAE; Equação 6), raiz do erro quadrático médio (RMSE; Equação 8), viés de porcentagem ($pbias$; Equação 11) e raiz do erro quadrático médio normalizada (NRMSE; Equação 12).

Neste caso, diferentes métricas de desempenho foram utilizadas como critérios de seleção. Zeng e Wen utilizaram o desvio médio absoluto (DMA) e o erro de previsão médio quadrado (SMPE)^{76,77} e, em um contexto epidemiológico, Chowell usou o RMSE, MAE e erro percentual médio absoluto (MAPE)⁷⁸.

O VP ordenou as RNAs em um ranking gerado com os pesos atribuídos com base na eficiência de cada medida de precisão. Nesse caso, atribuiu-se peso igual a 1 à RNA mais precisa e peso igual a 2 à segunda RNA mais precisa, e sucessivamente em cada medida de acurácia. Porém, quando duas ou mais RNAs apresentaram o mesmo valor como medida de acurácia, o peso atribuído correspondeu ao valor médio do ranking⁷⁹.

Por fim, a RNA que obteve a menor soma de VP foi considerada a melhor, e por isso foi utilizada para realizar a previsão. A segunda melhor RNA foi utilizada para variáveis cumulativas que apresentaram previsões decrescentes.

Valor ponderado
$$VP = \sum_{i=1}^n nr_i \cdot p_i \quad (4)$$

Erro médio
$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i) \quad (5)$$

Erro médio absoluto
$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{y}_i - y_i| \quad (6)$$

Erro quadrático médio
$$RME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (7)$$

Raiz do erro quadrático médio
$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (8)$$

Coefficiente de determinação
$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\underline{y} - y_i)^2} \quad (9)$$

Coefficiente de correlação de Pearson
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (\underline{y} - y_i)(\underline{\hat{y}} - \hat{y}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\underline{y} - y_i)^2 \sum_{i=1}^n (\underline{\hat{y}} - \hat{y}_i)^2}} \quad (10)$$

Porcentagem de viés
$$pbias = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{\sum_{i=1}^n (y_i)} \quad (11)$$

Raiz do erro quadrático médio normalizada
$$NRMSE = 100 \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}}{s(y_i)} \quad (12)$$

Onde:

nr_i é o número de registros que obtiveram a i -ésima colocação;

p_i é o peso da i -ésima colocação;

n é o número total de valores observados;

\hat{y}_i é o valor previsto;

y_i é o valor observado;

\underline{y} é a média dos valores observados e

s é o desvio padrão da amostra.

4.9 Análise dos pesos sinápticos e construção de cenários

O papel dos pesos sinápticos numa rede neural pode ser resumido como a medida incremental da importância que um determinado neurônio e, por conseguinte, aquela informação ali contida, tem no processamento da rede neural como um todo. Ou seja, o modelo neural atribui maior valor de peso para variáveis mais importantes no processo de mapeamento (transformação das entradas em saídas).

Sendo assim, se o peso sináptico de um neurônio for negativo, o impulso neural (a capacidade de ativar o próximo neurônio na próxima camada) é menor. Da mesma forma, se o peso sináptico de um neurônio for positivo, esse impulso neural é maior. Quanto mais próximo de zero for o valor do peso sináptico, menos importante está sendo aquele neurônio no processamento da rede. Partindo-se deste princípio, foi extraída a matriz de pesos da rede neural já treinada e em seguida fez-se uma operação de normalização destes dados, para que não se tivesse valores negativos. Essa normalização consistiu na elevação dos pesos ao quadrado e em seguida calculou-se a raiz quadrada destes pesos.

Com os pesos já normalizados (não negativos), foi criado um ranqueamento para cada neurônio, do maior para o menor peso. A partir daí, foram selecionados e somados todos os pesos de cada variável de entrada. Com isso, passou-se a ter uma amostragem da importância de cada classe de variáveis, a partir dos seus pesos. Neste arranjo, é possível correlacionar as variáveis e suas classes, mostrando quais ações serão mais efetivas quando utilizadas conjuntamente. De posse destas correlações geradas pelas redes neurais, diversos cenários de atuação são possíveis de ser construídos. Por exemplo: “a

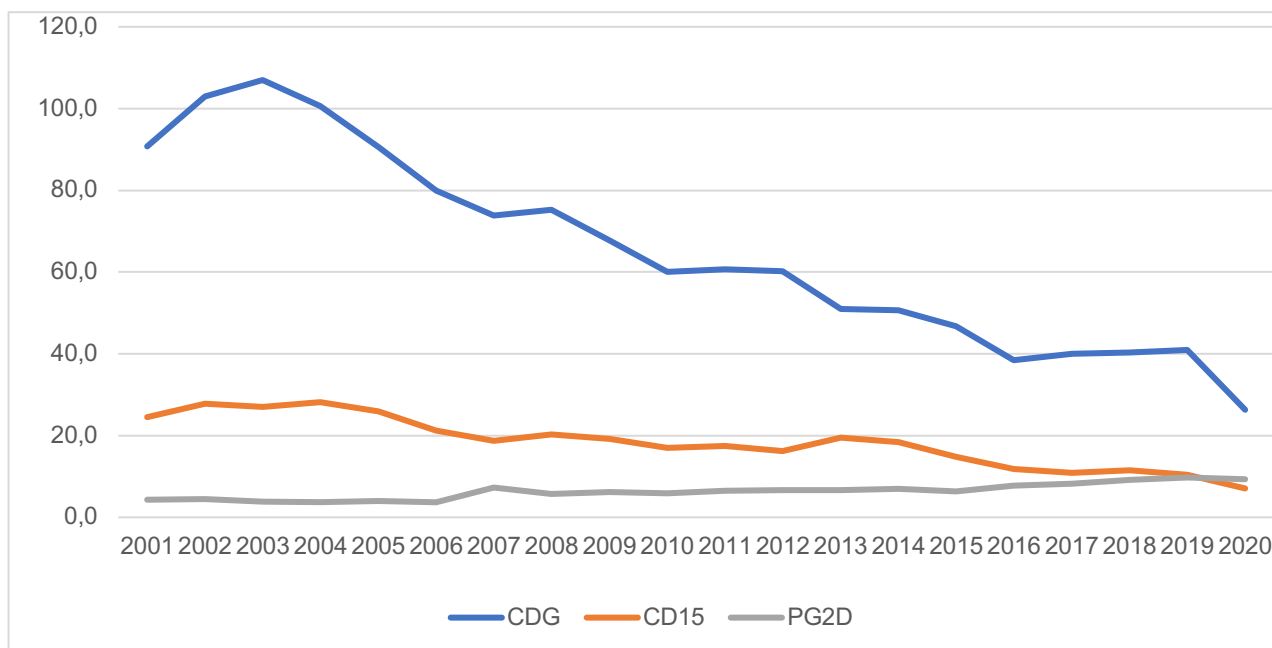
implementação de Bolsa Família é importante?”. Sim, porém, quando feita em determinada região, seu impacto associado pode ser maior na mitigação da propagação da Hanseníase.

5. RESULTADOS

Entre 2001 e 2020, foram notificados 95.730 novos casos de hanseníase no Estado do Pará, sendo 5.613 já com incapacidade grau II e 8.919 em menores de 15 anos de idade. Os indicadores da doença estão calculados para cada ano, por região de saúde, e dispostos nas Tabelas 1, 2 e 3.

Foi possível observar uma queda sustentada do CDG no Pará, acompanhada da queda do CD15. Porém, o PG2D manteve-se estável e crescente nos últimos anos, sendo o único indicador que não caiu em 2020, durante o primeiro ano da pandemia da Covid-19, conforme Fig. 5.

Figura 5 – Evolução do CDG, CD15 e PG2D no Estado do Pará, de 2001 a 2020.



Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE.

Legenda: CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade.

TABELA 1 – Coeficiente de detecção geral calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2001 e 2010.

REGIÃO DE SAÚDE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ARAGUAIA	232,5	259,9	238,6	220,7	211,9	175,3	126,6	129,9	141,7	112,9
BAIXO AMAZONAS	30,6	41,5	34,4	33,2	34,6	28,1	22,8	25,8	23,6	24,5
CAETÉS	27,8	26,1	35,4	38,3	34,7	36,8	34,5	35,7	29,0	26,9
CARAJÁS	221,7	263,1	248,7	225,6	183,6	157,7	170,6	190,6	145,0	99,2
LAGO DO TUCURUÍ	272,9	282,5	305,1	277,0	265,3	231,7	166,8	150,2	168,1	121,8
MARAJÓ I	4,8	6,5	16,2	16,2	14,3	15,2	11,7	17,3	21,6	12,4
MARAJÓ II	40,2	76,6	86,5	78,4	69,2	66,8	69,7	58,0	43,9	46,0
METROPOLITANA I	55,7	52,4	60,4	60,7	51,9	44,8	45,9	41,9	35,8	46,9
METROPOLITANA II	37,8	54,4	79,0	84,5	69,5	50,7	51,6	41,3	46,7	40,8
METROPOLITANA III	76,5	93,5	96,2	89,1	74,3	69,0	57,2	61,4	57,6	52,5
TAPAJÓS	149,6	172,5	168,4	142,6	147,8	98,0	101,7	104,1	68,9	99,3
TOCANTINS	47,3	69,1	81,5	81,1	72,8	89,2	74,3	75,6	85,9	59,8
XINGU	158,0	163,7	168,7	143,1	150,0	138,0	138,4	154,4	111,5	90,3
PARÁ	90,7	103,0	107,0	100,7	90,5	80,0	73,8	75,2	67,7	60,0

Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE

TABELA 2 – Coeficiente de detecção geral calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2011 e 2020.

REGIÃO DE SAÚDE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ARAGUAIA	105,1	111,1	92,9	86,6	79,8	68,7	68,8	63,3	90,7	54,6
BAIXO AMAZONAS	25,7	18,9	23,2	20,6	22,2	16,8	14,1	12,5	15,3	7,7
CAETÉS	29,7	25,4	21,3	18,6	16,6	15,0	14,6	16,2	17,6	12,3
CARAJÁS	109,8	122,0	105,5	96,3	91,1	64,8	62,5	71,5	71,9	45,9
LAGO DO TUCURUÍ	131,6	121,5	91,8	91,3	86,7	65,5	66,4	68,1	50,7	32,4
MARAJÓ I	12,6	15,1	22,3	20,2	14,7	12,4	29,5	13,3	14,3	16,2
MARAJÓ II	60,2	60,3	62,4	55,7	50,9	33,5	28,6	40,8	52,2	20,7
METROPOLITANA I	43,4	41,1	35,3	36,2	37,4	32,5	41,5	38,5	36,0	25,7
METROPOLITANA II	29,6	22,1	18,1	30,4	23,7	35,9	23,2	24,2	22,6	18,3
METROPOLITANA III	52,4	54,2	39,1	45,1	36,3	32,1	33,3	33,4	31,7	21,1
TAPAJÓS	97,0	119,2	107,5	84,8	75,2	69,0	61,8	56,7	57,4	28,0
TOCANTINS	49,9	47,5	36,3	37,7	33,9	24,1	26,4	27,4	24,1	17,2
XINGU	114,0	101,1	79,3	96,8	72,2	64,1	56,4	69,3	70,2	41,5
PARÁ	60,7	60,2	51,0	50,7	46,8	38,5	40,0	40,3	40,9	26,3

Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE

TABELA 3 – Coeficiente de detecção em menores de 15 anos calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2001 e 2010.

REGIÃO DE SAÚDE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ARAGUAIA	73,9	76,3	56,2	61,8	54,5	43,9	28,2	28,5	55,2	30,8
BAIXO AMAZONAS	3,5	3,5	3,1	5,5	6,7	3,9	3,5	3,9	3,1	4,3
CAETÉS	4,6	10,5	8,8	7,1	10,1	10,1	6,0	8,4	7,2	4,8
CARAJÁS	68,5	69,7	70,4	69,9	53,6	38,7	44,1	55,9	41,6	33,4
LAGO DO TUCURUÍ	71,0	89,6	67,1	76,3	74,4	61,5	45,2	40,5	43,7	37,2
MARAJÓ I	1,3	1,3	9,1	2,6	5,1	2,5	5,0	1,2	1,2	0,0
MARAJÓ II	10,0	15,3	29,3	33,3	19,9	25,6	24,4	17,5	13,2	10,6
METROPOLITANA I	16,4	13,4	16,6	15,4	18,4	14,3	14,0	14,3	9,5	17,2
METROPOLITANA II	6,2	16,8	26,5	28,3	21,3	11,5	7,1	8,0	7,1	9,0
METROPOLITANA III	18,4	24,9	20,2	20,5	19,8	16,5	13,2	14,2	12,5	12,1
TAPAJÓS	38,5	34,9	33,9	28,9	27,9	13,4	25,6	27,1	16,4	30,5
TOCANTINS	12,4	14,2	14,6	17,9	13,6	24,2	16,2	20,7	27,5	14,7
XINGU	28,8	46,8	40,8	47,2	47,0	30,8	29,7	32,4	27,7	18,5
PARÁ	24,5	27,8	27,0	28,2	25,9	21,2	18,8	20,3	19,2	16,9

Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE

TABELA 4 – Coeficiente de detecção em menores de 15 anos calculado por região de saúde do Estado do Pará, entre 2011 e 2020.

REGIÃO DE SAÚDE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ARAGUAIA	36,3	37,9	40,9	28,9	28,4	30,7	19,7	15,6	30,0	18,0
BAIXO AMAZONAS	6,8	2,8	9,5	5,0	2,6	4,3	0,4	2,2	0,4	2,7
CAETÉS	3,7	4,3	4,4	5,1	4,6	3,3	1,3	2,0	4,1	1,4
CARAJÁS	29,4	31,9	45,8	46,4	35,8	20,9	23,4	25,6	17,4	15,3
LAGO DO TUCURUÍ	34,8	33,0	34,6	39,1	25,5	18,0	15,1	28,6	12,8	6,8
MARAJÓ I	1,2	2,4	3,7	2,5	1,2	0,0	3,8	0,0	5,1	2,6
MARAJÓ II	28,7	16,5	45,0	22,7	21,1	15,3	2,6	12,0	18,0	2,6
METROPOLITANA I	14,6	11,9	12,7	13,7	11,4	10,6	13,7	10,5	10,4	7,7
METROPOLITANA II	1,8	1,8	2,8	8,5	13,3	17,4	7,8	3,0	4,0	3,0
METROPOLITANA III	15,9	18,3	14,5	15,0	12,2	8,9	8,2	10,2	6,8	4,8
TAPAJÓS	8,5	7,2	26,5	13,6	12,3	9,4	20,8	9,8	8,3	11,8
TOCANTINS	13,4	15,4	6,6	13,3	11,5	5,3	5,4	6,9	5,4	4,0
XINGU	37,3	25,4	21,8	24,0	11,6	14,6	18,7	20,8	17,9	9,0
PARÁ	17,5	16,2	19,5	18,4	14,8	11,9	10,9	11,6	10,5	7,1

Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE, 2023.

TABELA 5 – Proporção de detecção de casos em grau II de incapacidade calculada por região de saúde do Estado do Pará, entre 2001 e 2010.

REGIÃO DE SAÚDE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ARAGUAIA	2,8	3,9	4,4	6,5	5,9	5,9	9,3	6,5	3,9	6,0
BAIXO AMAZONAS	6,8	6,5	6,8	5,1	5,7	5,3	12,0	10,3	11,3	12,2
CAETÉS	5,1	10,8	6,5	2,9	6,4	7,1	11,7	12,0	8,8	3,1
CARAJÁS	2,5	3,9	3,3	2,9	2,6	3,6	6,3	4,9	6,6	4,0
LAGO DO TUCURUÍ	5,0	2,2	2,5	1,6	3,4	3,7	8,0	4,5	4,8	4,4
MARAJÓ I	0,0	0,0	17,9	6,9	0,0	0,0	9,1	8,8	11,6	3,7
MARAJÓ II	0,0	1,2	2,6	2,7	4,9	2,5	3,4	5,9	9,3	5,5
METROPOLITANA I	5,9	5,9	4,7	5,0	4,9	3,5	6,2	4,6	6,1	8,0
METROPOLITANA II	6,7	15,7	6,2	4,8	4,3	2,6	11,5	9,8	2,9	9,0
METROPOLITANA III	4,2	5,2	2,8	4,2	4,1	3,2	9,3	5,6	9,0	5,8
TAPAJÓS	3,3	2,8	6,4	1,9	2,6	4,3	10,4	11,9	7,7	8,7
TOCANTINS	5,7	3,3	2,0	1,7	2,4	2,5	4,2	3,5	4,6	2,8
XINGU	7,5	3,1	1,8	3,6	4,4	1,8	4,7	4,3	5,2	4,0
PARÁ	4,4	4,4	3,8	3,7	4,0	3,7	7,3	5,8	6,1	5,9

Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE

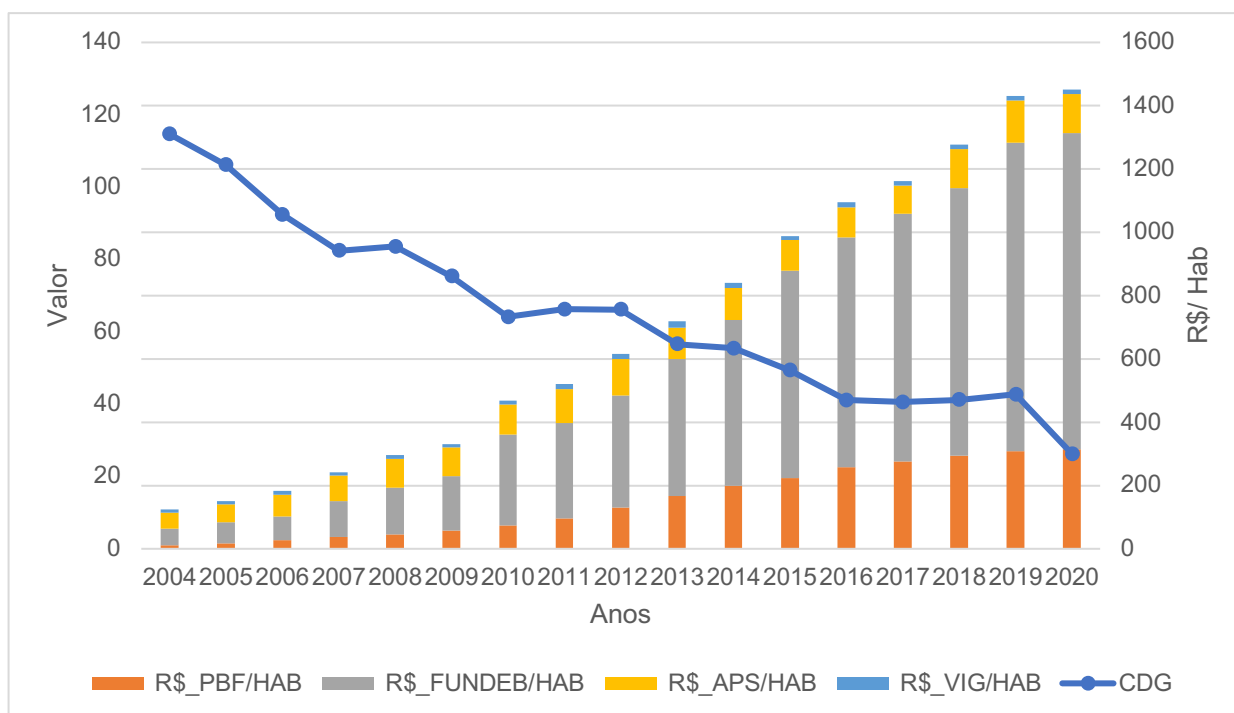
TABELA 6 – Proporção de detecção de casos em grau II de incapacidade calculada por região de saúde do Estado do Pará, entre 2011 e 2020.

REGIÃO DE SAÚDE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ARAGUAIA	5,9	4,2	4,0	5,1	4,7	7,3	6,1	7,4	9,5	7,3
BAIXO AMAZONAS	7,7	8,1	11,8	13,2	9,1	8,0	15,1	7,3	9,3	6,7
CAETÉS	2,7	4,0	6,5	5,3	4,7	5,1	5,2	9,2	8,4	4,5
CARAJÁS	5,1	4,3	4,5	4,0	6,1	5,9	5,8	5,8	6,8	9,8
LAGO DO TUCURUÍ	5,4	8,8	10,6	6,5	5,4	6,6	9,7	9,4	5,1	8,6
MARAJÓ I	22,2	6,1	6,0	4,3	2,9	0,0	7,1	3,1	0,0	0,0
MARAJÓ II	5,3	5,2	4,4	4,8	4,5	5,8	10,1	9,3	12,0	1,5
METROPOLITANA I	8,7	9,0	7,2	10,5	7,3	8,1	10,3	13,1	12,3	12,2
METROPOLITANA II	4,1	8,1	1,6	1,9	3,6	5,5	13,3	9,1	18,1	5,9
METROPOLITANA III	7,5	5,9	6,2	8,3	7,1	9,3	6,9	8,1	10,1	8,5
TAPAJÓS	12,7	13,8	10,9	12,2	12,4	15,5	7,5	10,4	10,2	14,5
TOCANTINS	4,9	6,0	8,1	5,7	6,2	6,1	6,1	6,8	12,9	10,6
XINGU	4,5	5,0	6,6	5,0	5,4	11,1	5,7	10,0	8,5	9,5
PARÁ	6,5	6,6	6,7	6,9	6,4	7,7	8,2	9,1	9,7	9,3

Fonte: Os autores, com dados do SINAN e IBGE

Paralelamente ao declínio do CDG, houve um aumento dos investimentos da União em saúde, educação e assistência social no Estado do Pará, quando analisadas as transferências para a Atenção Primária à Saúde, Vigilância à Saúde, FUNDEB e PBF (Figura 5).

Figura 5 - Evolução do CDG e soma das transferências da União ao Estado do Pará para gastos com APS, vigilância em saúde, FUNDEB e PBF, de 2001 a 2020.



Fonte: Os autores, com dados do SINAN, IBGE, MS, MEC e MDS.

Legenda: CDG: Coeficiente de detecção geral; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde.

Com a coleta de todos os dados, foi realizada a análise de componentes principais (ACP) para cada banco de dados (BD's), agrupados por períodos de disponibilidade dos dados. A partir dos resultados das cargas fatoriais e da frequência acumulada dos fatores, reduziu-se a dimensionalidade das variáveis de 32 iniciais para 21. Os resultados estão condensados nas Tabelas 7-14.

Após a ACP, as variáveis de entrada das redes neurais foram definidas, com os novos Banco de Dados, agora validados (Quadro 2). Apesar de preencherem os critérios matemáticos estabelecidos, as seguintes variáveis do BD2 foram excluídas por não apresentarem lógica com a realidade, principalmente no que tange a proporcionalidade quando comparadas aos indicadores epidemiológicos da hanseníase: R\$_PBF/HAB; R\$_FUNDEB/HAB; % POP_AGUA_ENCANADA; MORT_INFANTIL; IDHM; IDHM_RENDA; IDHM_LONGEVIDADE; TX_ANALFABETISMO_11A14; TX_ANALFABETISMO_15A17; TX_ANALFABETISMO_18A24; TX_ANALFABETISMO_25A29; TX_ANALFABETISMO_>25; TX_ANALFABETISMO_>18^a; RENDA_PER_CAPITA; % DE POBRES.

As redes neurais foram do tipo Perceptron de Múltiplas Camadas e contaram com 27 neurônios na camada de entrada (as regiões de saúde e as variáveis socioeconômicas apresentadas no Quadro 2 mais o "ano"), seis neurônios na camada intermediária e três neurônios na camada de saída, um para cada indicador epidemiológico da hanseníase estudado. Posteriormente ao treinamento, foram selecionadas as cinco melhores redes neurais, cujos resultados de previsão para cada indicador e ano estão descritos nas Tabelas 15-17 e nas Figuras 6-8.

Quadro 2 - Segmentação das variáveis de entrada da rede neural.

Região de Saúde	Hanseníase	Variáveis Socioeconômicas		
		BD1v (Anos 2007 a 2020)	BD2v (Ano de 2010)	BD3v (Anos de 2013, 2015 e 2017)
Araguaia	Coefficiente de detecção geral	R\$_PBF/HAB	R\$_APS/HAB	R\$_PBF/HAB
Baixo Amazonas	Coefficiente de detecção em <15 anos	R\$_FUNDEB/HAB	R\$_VIG/HAB	R\$_FUNDEB/HAB
Caetés	% de detecção em G2D	R\$_APS/HAB	%COBERT_PBF	R\$_APS/HAB
Carajás		R\$_VIG/HAB	%COB_ESF	R\$_VIG/HAB
Lago do Tucuruí		%COBERT_PBF	%COB_AB	%COBERT_PBF
Marajó I		%COB_ESF	IDHM_EDUCACAO	%COB_ESF
Marajó II		%COB_AB	TX_ANALFABETISMO_>15A	%COB_AB
Metropolitana I				IDEB_ANOS_INICIAIS_EF
Metropolitana II				IDEB_ANOS_FINALIS_EF
Metropolitana III				%_POP_URB_ABASTEC_AGUA
Tapajós				%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS
Tocantins				
Xingu				

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: BD1v: Base de dados 1 validada; BD2v: Base de dados 2 validada; BD3v: Base de dados 3 validada; G2D: Grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar.

TABELA 7 – Análise de componentes principais da BD1, com as cargas fatoriais e frequência acumulada dos fatores.

VARIÁVEL	CARGAS FATORIAIS			
	Fator 1*	Fator 2*	Fator 1*	Fator 4*
CDG	0,68**	0,54**	-0,23	-0,22
PG2D	-0,11	-0,35	-0,50**	0,62**
CD15	0,66**	0,57**	-0,19	-0,30
R\$_PBF/HAB	-0,83**	-0,13	-0,12	-0,40**
R\$_FUNDEB/HAB	-0,60**	0,02	-0,56**	-0,25
R\$_APS/HAB	-0,65**	0,53**	0,04	0,10
R\$_VIG/HAB	-0,15	0,01	-0,77**	-0,07
%COBERT_PBF	-0,48**	-0,57**	0,18	-0,45**
%COB_ESF	-0,79**	0,55**	0,16	0,12
%COB_AB	-0,76**	0,50**	0,12	0,17
F _{ri} (%)	38,27	57,41	70,74	80,93

Fonte: Os autores.

Legenda: BD1: Base de dados 1; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; Fri: frequência relativa acumulada.

*Fatores incluídos na frequência relativa acumulada de cerca de 80%;

**Cargas fatoriais com valores superiores a |0,40|.

TABELA 8 – Resultado da Correlação de Pearson das variáveis da BD1.

VARIÁVEL	CDG	PG2D	CD15	R\$_PBF/ HAB	R\$_FUNDEB/ HAB	R\$_APS/ HAB	R\$_VIG/ HAB	%COBERT_ PBF	%COB_ ESF	%COB_ AB
CDG	1,00	-0,15	0,89	-0,50	-0,19	-0,15	-0,03	-0,47	-0,29	-0,32
PG2D	-0,15	1,00	-0,25	0,01	0,21	-0,02	0,15	0,02	-0,09	-0,05
CD15	0,89	-0,25	1,00	-0,44	-0,21	-0,18	-0,01	-0,47	-0,26	-0,27
R\$_PBF/HAB	-0,50	0,01	-0,44	1,00	0,62	0,40	0,19	0,60	0,51	0,47
R\$_FUNDEB/HAB	-0,19	0,21	-0,21	0,62	1,00	0,34	0,30	0,22	0,35	0,31
R\$_APS/HAB	-0,15	-0,02	-0,18	0,40	0,34	1,00	0,04	0,04	0,76	0,61
R\$_VIG/HAB	-0,03	0,15	-0,01	0,19	0,30	0,04	1,00	-0,07	0,00	0,07
%COBERT_PBF	-0,47	0,02	-0,47	0,60	0,22	0,04	-0,07	1,00	0,07	0,05
%COB_ESF	-0,29	-0,09	-0,26	0,51	0,35	0,76	0,00	0,07	1,00	0,95
%COB_AB	-0,32	-0,05	-0,27	0,47	0,31	0,61	0,07	0,05	0,95	1,00

Fonte: Os autores.

Legenda: BD1: Base de dados 1; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica.

TABELA 9 – Análise de componentes principais da BD2, com as cargas fatoriais e frequência acumulada dos fatores.

VARIÁVEL	CARGAS FATORIAIS		
	Fator 1*	Fator 2*	Fator 3*
CDG	-0,34	-0,70**	0,42**
PG2D	-0,37	0,17	-0,41**
CD15	-0,43**	-0,67**	0,36
R\$_PBF/HAB	0,77**	0,35	0,12
R\$_FUNDEB/HAB	0,84**	-0,16	-0,11
R\$_APS/HAB	0,23	-0,10	0,69**
R\$_VIG/HAB	-0,58**	-0,44**	-0,29
%COBERT_PBF	0,55**	0,69**	-0,21
%COB_ESF	0,15	0,41**	0,77**
%COB_AB	-0,13	0,51**	0,70**
% POP_AGUA_ENCANADA	-0,77**	0,12	0,55**
% POP_COLETA_LIXO	-0,24	0,25	0,13
MORT_INFANTIL	0,64**	0,48**	0,31
IDHM	-0,98**	0,17	0,03
IDHM_RENDA	-0,94**	-0,25	0,18
IDHM_LONGEVIDADE	-0,68**	-0,43**	-0,29
IDHM_EDUCACAO	-0,90**	0,39	-0,05
TX_ANALFABETISMO_11A14	0,90**	-0,09	-0,18
TX_ANALFABETISMO_15A17	0,89**	-0,24	-0,11
TX_ANALFABETISMO_18A24	0,91**	-0,29	-0,07
TX_ANALFABETISMO_25A29	0,91**	-0,30	0,02
TX_ANALFABETISMO_>25	0,86**	-0,38	0,29
TX_ANALFABETISMO_>15A	0,85**	-0,39	0,29
TX_ANALFABETISMO_>18A	0,86**	-0,39	0,29
RENDA_PER_CAPITA	-0,94**	-0,32	0,09
% DE POBRES	0,93**	0,18	-0,23
F _{ri} (%)	53,37	67,90	79,79

Fonte: Os autores.

Legenda: BD2: Base de dados 2; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; % POP_AGUA_ENCANADA: Percentual da população com acesso à água encanada; % POP_COLETA_LIXO: Percentual da população com acesso à coleta de lixo; MORT_INFANTIL: Mortalidade infantil; IDHM: Índice de desenvolvimento humano municipal; (cont.)

(cont.) IDHM_RENDA: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão renda;
IDHM_LONGEVIDADE: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão longevidade;
IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação;
TX_ANALFABETISMO_11A14: Taxa de analfabetismo dos 11 aos 14 anos;
TX_ANALFABETISMO_15A17: Taxa de analfabetismo dos 15 aos 17 anos;
TX_ANALFABETISMO_18A24: Taxa de analfabetismo dos 18 aos 24 anos;
TX_ANALFABETISMO_25A29: Taxa de analfabetismo dos 25 aos 29 anos; TX_ANALFABETISMO_>25A:
Taxa de analfabetismo acima dos 25 anos; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima
dos 15 anos; TX_ANALFABETISMO_>18A: Taxa de analfabetismo acima dos 18 anos;
RENDA_PER_CAPITA: Renda per capita; % DE POBRES: Percentual de pobres; Fri: frequência relativa
acumulada.

*Fatores incluídos na frequência relativa acumulada de cerca de 80%;

**Cargas fatoriais com valores superiores a |0,40|.

TABELA 10 – Resultado da Correlação de Pearson das variáveis da BD2.

VARIÁVEL	CDG	PG2D	CD15	R\$_PB F/HAB	R\$_FUN DEB/HAB	R\$_AP S/HAB	R\$_VI G/HAB
CDG	1,00	-0,18	0,97	-0,42	-0,06	0,15	0,30
PG2D	-0,18	1,00	-0,12	-0,24	-0,15	-0,10	0,39
CD15	0,97	-0,12	1,00	-0,52	-0,17	0,05	0,34
R\$_PBF/HAB	-0,42	-0,24	-0,52	1,00	0,68	0,44	-0,42
R\$_FUNDEB/HAB	-0,06	-0,15	-0,17	0,68	1,00	0,17	-0,42
R\$_APS/HAB	0,15	-0,10	0,05	0,44	0,17	1,00	0,04
R\$_VIG/HAB	0,30	0,39	0,34	-0,42	-0,42	0,04	1,00
%COBERT_PBF	-0,62	-0,08	-0,62	0,67	0,45	-0,24	-0,59
%COB_ESF	-0,15	-0,21	-0,25	0,31	-0,10	0,65	-0,43
%COB_AB	-0,17	-0,14	-0,21	0,06	-0,39	0,44	-0,32
% POP_AGUA_ENCANADA	0,44	0,15	0,50	-0,46	-0,70	0,19	0,26
% POP_COLETA_LIXO	0,08	-0,15	0,19	-0,26	-0,39	-0,39	-0,27
MORT_INFANTIL	-0,24	-0,29	-0,25	0,73	0,55	0,18	-0,75
IDHM	0,22	0,33	0,33	-0,71	-0,88	-0,26	0,46
IDHM_RENDA	0,58	0,20	0,66	-0,82	-0,77	-0,12	0,56
IDHM_LONGEVIDADE	0,22	0,28	0,25	-0,75	-0,60	-0,21	0,74
IDHM_EDUCACAO	0,00	0,36	0,14	-0,59	-0,85	-0,33	0,36
TX_ANALFABETISMO_11A14	-0,37	-0,34	-0,45	0,54	0,68	0,00	-0,47
TX_ANALFABETISMO_15A17	-0,24	-0,39	-0,33	0,47	0,69	0,04	-0,45
TX_ANALFABETISMO_18A24	-0,22	-0,37	-0,29	0,54	0,71	0,19	-0,38
TX_ANALFABETISMO_25A29	-0,16	-0,44	-0,23	0,51	0,70	0,18	-0,45
TX_ANALFABETISMO_>25	0,09	-0,49	0,00	0,52	0,73	0,40	-0,43
TX_ANALFABETISMO_>15A	0,09	-0,48	-0,01	0,52	0,72	0,42	-0,42
TX_ANALFABETISMO_>18A	0,08	-0,48	-0,02	0,52	0,73	0,41	-0,42
RENDA_PER_CAPITA	0,56	0,21	0,63	-0,85	-0,79	-0,15	0,64
% DE POBRES	-0,56	-0,19	-0,65	0,81	0,79	0,13	-0,46

TABELA 10 (cont.) – Resultado da Correlação de Pearson das variáveis da BD2.

VARIÁVEL	%COBERT_PBF	%COBERT_ESF	%COBERT_AB	%POP_AGUA_ENCANADA	%POP_COLETA_LIXO	MORT_INFANTIL
CDG	-0,62	-0,15	-0,17	0,44	0,08	-0,24
PG2D	-0,08	-0,21	-0,14	0,15	-0,15	-0,29
CD15	-0,62	-0,25	-0,21	0,50	0,19	-0,25
R\$_PBF/HAB	0,67	0,31	0,06	-0,46	-0,26	0,73
R\$_FUNDEB/HAB	0,45	-0,10	-0,39	-0,70	-0,39	0,55
R\$_APS/HAB	-0,24	0,65	0,44	0,19	-0,39	0,18
R\$_VIG/HAB	-0,59	-0,43	-0,32	0,26	-0,27	-0,75
%COBERT_PBF	1,00	0,05	0,00	-0,37	0,04	0,77
%COBERT_ESF	0,05	1,00	0,93	0,28	0,05	0,30
%COBERT_AB	0,00	0,93	1,00	0,47	0,24	0,14
% POP_AGUA_ENCANADA	-0,37	0,28	0,47	1,00	0,23	-0,19
% POP_COLETA_LIXO	0,04	0,05	0,24	0,23	1,00	0,12
MORT_INFANTIL	0,77	0,30	0,14	-0,19	0,12	1,00
IDHM	-0,40	-0,08	0,23	0,80	0,30	-0,52
IDHM_RENDA	-0,70	-0,13	0,11	0,81	0,21	-0,65
IDHM_LONGEVIDADE	-0,76	-0,29	-0,10	0,23	-0,08	-1,00
IDHM_EDUCACAO	-0,18	-0,05	0,27	0,73	0,35	-0,38
TX_ANALFABETISMO_11A_14	0,42	0,06	-0,14	-0,86	-0,08	0,37
TX_ANALFABETISMO_15A_17	0,30	0,05	-0,17	-0,82	-0,11	0,32
TX_ANALFABETISMO_18A_24	0,24	0,03	-0,23	-0,80	-0,18	0,34
TX_ANALFABETISMO_25A_29	0,26	0,06	-0,19	-0,74	-0,16	0,40
TX_ANALFABETISMO_>25A	0,18	0,17	-0,12	-0,51	-0,30	0,49
TX_ANALFABETISMO_>18A	0,16	0,18	-0,11	-0,51	-0,30	0,46
TX_ANALFABETISMO_>18A	0,17	0,18	-0,11	-0,52	-0,30	0,47
RENDA_PER_CAPITA	-0,76	-0,19	0,04	0,74	0,20	-0,75
% DE POBRES	0,66	0,06	-0,19	-0,83	-0,36	0,59

Fonte: Os autores.

Legenda: BD2: Base de dados 2; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; (cont.)

(cont.) R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; % POP_AGUA_ENCANADA: Percentual da população com acesso à água encanada; % POP_COLETA_LIXO: Percentual da população com acesso à coleta de lixo; MORT_INFANTIL: Mortalidade infantil; IDHM: Índice de desenvolvimento humano municipal; IDHM_RENDA: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão renda; IDHM_LONGEVIDADE: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão longevidade; IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação; TX_ANALFABETISMO_11A14: Taxa de analfabetismo dos 11 aos 14 anos; TX_ANALFABETISMO_15A17: Taxa de analfabetismo dos 15 aos 17 anos; TX_ANALFABETISMO_18A24: Taxa de analfabetismo dos 18 aos 24 anos; TX_ANALFABETISMO_25A29: Taxa de analfabetismo dos 25 aos 29 anos; TX_ANALFABETISMO_>25A: Taxa de analfabetismo acima dos 25 anos; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos; TX_ANALFABETISMO_>18A: Taxa de analfabetismo acima dos 18 anos; RENDA_PER_CAPITA: Renda per capita; % DE POBRES: Percentual de pob

TABELA 11 – Demais resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD2.

VARIÁVEL	IDHM	IDHM_R ENDA	IDHM_LO NGEVIDA DE	IDHM_ EDUC ACAO	TX_ANALF ABÉTISMO _11A14
CDG	0,22	0,58	0,22	0,00	-0,37
PG2D	0,33	0,20	0,28	0,36	-0,34
CD15	0,33	0,66	0,25	0,14	-0,45
R\$ _PBF/HAB	-0,71	-0,82	-0,75	-0,59	0,54
R\$ _FUNDEB/HAB	-0,88	-0,77	-0,60	-0,85	0,68
R\$ _APS/HAB	-0,26	-0,12	-0,21	-0,33	0,00
R\$ _VIG/HAB	0,46	0,56	0,74	0,36	-0,47
%COBERT_PBF	-0,40	-0,70	-0,76	-0,18	0,42
%COB_ESF	-0,08	-0,13	-0,29	-0,05	0,06
%COB_AB	0,23	0,11	-0,10	0,27	-0,14
% POP_AGUA_ENCANAADA	0,80	0,81	0,23	0,73	-0,86
% POP_COLETA_LIXO	0,30	0,21	-0,08	0,35	-0,08
MORT_INFANTIL	-0,52	-0,65	-1,00	-0,38	0,37
IDHM	1,00	0,89	0,57	0,97	-0,90
IDHM_RENDA	0,89	1,00	0,68	0,75	-0,87
IDHM_LONGEVIDADE	0,57	0,68	1,00	0,43	-0,39
IDHM_EDUCACAO	0,97	0,75	0,43	1,00	-0,83
TX_ANALFABETISMO_11A14	-0,90	-0,87	-0,39	-0,83	1,00
TX_ANALFABETISMO_15A17	-0,91	-0,80	-0,35	-0,88	0,98
TX_ANALFABETISMO_18A24	-0,94	-0,80	-0,38	-0,93	0,93
TX_ANALFABETISMO_25A29	-0,93	-0,78	-0,43	-0,92	0,92
TX_ANALFABETISMO >25	-0,88	-0,65	-0,52	-0,91	0,74
TX_ANALFABETISMO >15A	-0,88	-0,65	-0,50	-0,92	0,75
TX_ANALFABETISMO >18A	-0,88	-0,66	-0,51	-0,92	0,75
RENDA_PER_CAPITA	0,87	0,99	0,77	0,72	-0,81
% DE POBRES	-0,90	-0,98	-0,62	-0,77	0,84

TABELA 11 (cont.) – Demais resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD2.

VARIÁVEL	TX_ANALFABETI SMO_15A17	TX_ANALFABETI SMO_18A24	TX_ANALFABETI SMO_25A29
CDG	-0,24	-0,22	-0,16
PG2D	-0,39	-0,37	-0,44
CD15	-0,33	-0,29	-0,23
R\$ _PBF/HAB	0,47	0,54	0,51
R\$ _FUNDEB/HAB	0,69	0,71	0,70
R\$ _APS/HAB	0,04	0,19	0,18
R\$ _VIG/HAB	-0,45	-0,38	-0,45
%COBERT_PBF	0,30	0,24	0,26
%COB_ESF	0,05	0,03	0,06
%COB_AB	-0,17	-0,23	-0,19
% POP_AGUA_ENCANADA	-0,82	-0,80	-0,74
% POP_COLETA_LIXO	-0,11	-0,18	-0,16
MORT_INFANTIL	0,32	0,34	0,40
IDHM	-0,91	-0,94	-0,93
IDHM_RENDA	-0,80	-0,80	-0,78
IDHM_LONGEVIDADE	-0,35	-0,38	-0,43
IDHM_EDUCACAO	-0,88	-0,93	-0,92
TX_ANALFABETISMO_11A14	0,98	0,93	0,92
TX_ANALFABETISMO_15A17	1,00	0,97	0,96
TX_ANALFABETISMO_18A24	0,97	1,00	0,99
TX_ANALFABETISMO_25A29	0,96	0,99	1,00
TX_ANALFABETISMO_>25	0,82	0,87	0,92
TX_ANALFABETISMO_>15A	0,82	0,88	0,92
TX_ANALFABETISMO_>18A	0,82	0,88	0,92
RENDA_PER_CAPITA	-0,74	-0,74	-0,73
% DE POBRES	0,78	0,79	0,76

TABELA 11 (cont.) – Demais resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD2.

VARIÁVEL	TX_ANALF ABETISMO >25	TX_ANALF ABETISMO >15A	TX_ANALF ABETISMO >18A	RENDA_PE R_CAPITA	%DE POBRES
CDG	0,09	0,09	0,08	0,56	-0,56
PG2D	-0,49	-0,48	-0,48	0,21	-0,19
CD15	0,00	-0,01	-0,02	0,63	-0,65
R\$_PBF/HAB	0,52	0,52	0,52	-0,85	0,81
R\$_FUNDEB/HAB	0,73	0,72	0,73	-0,79	0,79
R\$_APS/HAB	0,40	0,42	0,41	-0,15	0,13
R\$_VIG/HAB	-0,43	-0,42	-0,42	0,64	-0,46
%COBERT_PBF	0,18	0,16	0,17	-0,76	0,66
%COB_ESF	0,17	0,18	0,18	-0,19	0,06
%COB_AB	-0,12	-0,11	-0,11	0,04	-0,19
%POP_AGUA_ENCANADA	-0,51	-0,51	-0,52	0,74	-0,83
%POP_COLETA_LIXO	-0,30	-0,30	-0,30	0,20	-0,36
MORT_INFANTIL	0,49	0,46	0,47	-0,75	0,59
IDHM	-0,88	-0,88	-0,88	0,87	-0,90
IDHM_RENDA	-0,65	-0,65	-0,66	0,99	-0,98
IDHM_LONGEVIDADE	-0,52	-0,50	-0,51	0,77	-0,62
IDHM_EDUCACAO	-0,91	-0,92	-0,92	0,72	-0,77
TX_ANALFABETISMO_11A14	0,74	0,75	0,75	-0,81	0,84
TX_ANALFABETISMO_15A17	0,82	0,82	0,82	-0,74	0,78
TX_ANALFABETISMO_18A24	0,87	0,88	0,88	-0,74	0,79
TX_ANALFABETISMO_25A29	0,92	0,92	0,92	-0,73	0,76
TX_ANALFABETISMO_>25	1,00	1,00	1,00	-0,65	0,66
TX_ANALFABETISMO_>15A	1,00	1,00	1,00	-0,64	0,66
TX_ANALFABETISMO_>18A	1,00	1,00	1,00	-0,65	0,66
RENDA_PER_CAPITA	-0,65	-0,64	-0,65	1,00	-0,96
% DE POBRES	0,66	0,66	0,66	-0,96	1,00

Fonte: Os autores.

Legenda: BD2: Base de dados 2; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; %POP_AGUA_ENCANADA: Percentual da população com acesso à água encanada; %POP_COLETA_LIXO: Percentual da população com acesso à coleta de lixo; MORT_INFANTIL: Mortalidade infantil; IDHM: Índice de desenvolvimento humano municipal; IDHM_RENDA: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão renda; IDHM_LONGEVIDADE: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão longevidade; IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação; TX_ANALFABETISMO_11A14: (cont.)

(cont.) Taxa de analfabetismo dos 11 aos 14 anos; TX_ANALFABETISMO_15A17: Taxa de analfabetismo dos 15 aos 17 anos; TX_ANALFABETISMO_18A24: Taxa de analfabetismo dos 18 aos 24 anos; TX_ANALFABETISMO_25A29: Taxa de analfabetismo dos 25 aos 29 anos; TX_ANALFABETISMO_>25A: Taxa de analfabetismo acima dos 25 anos; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos; TX_ANALFABETISMO_>18A: Taxa de analfabetismo acima dos 18 anos; RENDA_PER_CAPITA: Renda per capita; % DE POBRES: Percentual de pobres.

TABELA 12 – Análise de componentes principais da BD3, com as cargas fatoriais e frequência acumulada dos fatores.

VARIÁVEL	CARGAS FATORIAIS				
	Fator 1*	Fator 2*	Fator 3*	Fator 4*	Fator 5*
CDG	-0,78**	0,28	-0,05	0,26	0,40**
PG2D	-0,08	-0,53**	-0,39	0,14	-0,06
CD15	-0,79**	0,34	0,08	0,06	0,30
R\$_PBF/HAB	0,77**	-0,41**	0,00	0,15	0,28
R\$_FUNDEB/HAB	0,06	-0,31	-0,27	0,79**	0,24
R\$_APS/HAB	0,31	0,61**	0,37	0,53**	-0,17
R\$_VIG/HAB	-0,54**	-0,11	0,45**	0,14	-0,45**
%COBERT_PBF	0,60**	-0,63**	0,07	-0,17	0,11
%COB_ESF	0,66**	0,69**	-0,08	0,21	0,07
%COB_AB	0,62**	0,68**	-0,21	0,07	0,00
IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	-0,10	0,15	-0,90**	-0,02	0,09
IDEB_ANOS_FINALS_EF	-0,29	-0,02	-0,75**	0,06	-0,09
%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	0,03	0,11	-0,47**	0,08	-0,71**
%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	0,08	0,46	-0,16	-0,73**	0,16
F _{ri} (%)	25,21	44,53	60,61	72,39	80,85

Fonte: Os autores.

Legenda: BD3: Base de dados 3; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar; Fri: frequência relativa acumulada.

*Fatores incluídos na frequência relativa acumulada de cerca de 80%;

**Cargas fatoriais com valores superiores a |0,40|.

TABELA 13 – Resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD3.

VARIÁVEL	CDG	PG2D	CD15	R\$_PBF/HAB	R\$_FUNDEB/HAB	R\$_APS/HAB	R\$_VIG/HAB
CDG	1,00	-0,04	0,86	-0,53	0,15	-0,01	0,25
PG2D	-0,04	1,00	-0,21	0,07	0,28	-0,34	0,07
CD15	0,86	-0,21	1,00	-0,55	-0,04	-0,01	0,31
R\$_PBF/HAB	-0,53	0,07	-0,55	1,00	0,35	0,03	-0,47
R\$_FUNDEB/HAB	0,15	0,28	-0,04	0,35	1,00	0,07	-0,09
R\$_APS/HAB	-0,01	-0,34	-0,01	0,03	0,07	1,00	0,06
R\$_VIG/HAB	0,25	0,07	0,31	-0,47	-0,09	0,06	1,00
%COBERT_PBF	-0,59	0,15	-0,57	0,78	0,11	-0,27	-0,20
%COB_ESF	-0,23	-0,30	-0,25	0,29	0,01	0,69	-0,40
%COB_AB	-0,28	-0,21	-0,29	0,16	-0,07	0,54	-0,38
IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	0,21	0,30	0,00	-0,20	0,17	-0,33	-0,34
IDEB_ANOS_FINALS_EF	0,20	0,17	0,22	-0,13	0,16	-0,27	-0,11
%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	-0,17	0,03	-0,12	-0,09	0,06	0,05	-0,01
%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	-0,03	-0,21	0,14	-0,13	-0,51	-0,15	-0,25

Fonte: Os autores.

Legenda: BD3: Base de dados 3; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar;

TABELA 14 – Demais resultados da Correlação de Pearson das variáveis da BD3.

VARIÁVEL	%COB ERT_ PBF	%CO B_E SF	%CO B_A B	IDEB_A NOS_INI CIAIS_E F	IDEB_ ANOS_ FINAI S_EF	%_POP_ URB_ABA STEC_AG UA	%_POP_ URB_C OLETA_RE SIDUOS
CDG	-0,59	-0,23	-0,28	0,21	0,20	-0,17	-0,03
PG2D	0,15	-0,30	-0,21	0,30	0,17	0,03	-0,21
CD15	-0,57	-0,25	-0,29	0,00	0,22	-0,12	0,14
R\$_PBF/HAB	0,78	0,29	0,16	-0,20	-0,13	-0,09	-0,13
R\$_FUNDEB/HAB	0,11	0,01	-0,07	0,17	0,16	0,06	-0,51
R\$_APS/HAB	-0,27	0,69	0,54	-0,33	-0,27	0,05	-0,15
R\$_VIG/HAB	-0,20	-0,40	-0,38	-0,34	-0,11	-0,01	-0,25
%COBERT_PBF	1,00	-0,05	-0,06	-0,20	-0,16	-0,11	-0,07
%COB_ESF	-0,05	1,00	0,95	0,12	-0,14	0,07	0,26
%COB_AB	-0,06	0,95	1,00	0,29	-0,09	0,11	0,34
IDEB_ANOS_INI CIAIS_EF	-0,20	0,12	0,29	1,00	0,59	0,28	0,17
IDEB_ANOS_FIN AIS_EF	-0,16	-0,14	-0,09	0,59	1,00	0,38	0,01
%_POP_URB_AB ASTEC_AGUA	-0,11	0,07	0,11	0,28	0,38	1,00	0,03
%_POP_URB_C OLETA_RESIDUOS	-0,07	0,26	0,34	0,17	0,01	0,03	1,00

Fonte: Os autores.

Legenda: BD3: Base de dados 3; CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar;

TABELA 15 – Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção geral no Estado do Pará, de 2007 a 2020.

ANO	CDG REAL	MÉDIA DE R1_CDG	MÉDIA DE R2_CDG	MÉDIA DE R3_CDG	MÉDIA DE R4_CDG	MÉDIA DE R5_CDG
2007	82,46	78,95	86,01	83,60	86,19	79,44
2008	83,56	76,18	80,82	80,62	81,91	77,20
2009	75,33	74,48	75,16	74,70	76,61	76,09
2010	64,09	61,19	63,71	66,66	59,76	61,45
2011	66,24	70,28	70,47	68,10	71,85	68,86
2012	66,10	67,37	61,20	64,82	62,29	65,22
2013	56,54	55,39	53,91	59,02	57,45	55,35
2014	55,40	57,31	52,20	54,23	53,19	56,88
2015	49,29	51,61	45,32	46,67	45,48	48,19
2016	41,11	44,67	43,58	44,77	42,83	44,10
2017	40,55	39,27	38,18	33,97	36,01	35,99
2018	41,16	38,33	39,00	39,69	39,14	38,51
2019	42,66	35,80	35,58	36,38	35,54	34,33
2020	26,27	29,96	33,63	32,40	33,21	30,43

Fonte: Os autores.

Legenda: CDG: Coeficiente de detecção geral; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

TABELA 16 – Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção em menores de 15 anos no Estado do Pará, de 2007 a 2020.

ANO	CD15 REAL	MÉDIA DE R1_CD15	MÉDIA DE R2_CD15	MÉDIA DE R3_CD15	MÉDIA DE R4_CD15	MÉDIA DE R5_CD15
2007	20,16	20,19	22,54	22,16	22,02	20,74
2008	20,98	19,70	21,19	21,58	21,28	20,23
2009	20,45	19,47	19,59	20,33	19,77	20,01
2010	17,16	16,81	17,79	17,32	15,92	17,09
2011	17,88	18,38	18,58	17,75	18,23	18,12
2012	16,08	19,81	17,42	18,15	17,95	18,69
2013	20,68	19,28	20,06	20,42	22,52	21,03
2014	18,28	16,62	14,83	15,16	14,96	16,44
2015	14,74	15,78	13,93	16,15	15,43	15,54
2016	12,21	13,10	12,65	12,56	12,59	13,54
2017	10,83	11,44	11,64	11,64	11,82	10,93
2018	11,31	9,99	10,53	10,95	10,77	11,21
2019	10,82	9,04	9,28	10,24	9,84	10,49
2020	6,89	6,90	8,65	8,95	8,83	9,15

Fonte: Os autores.

Legenda: CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

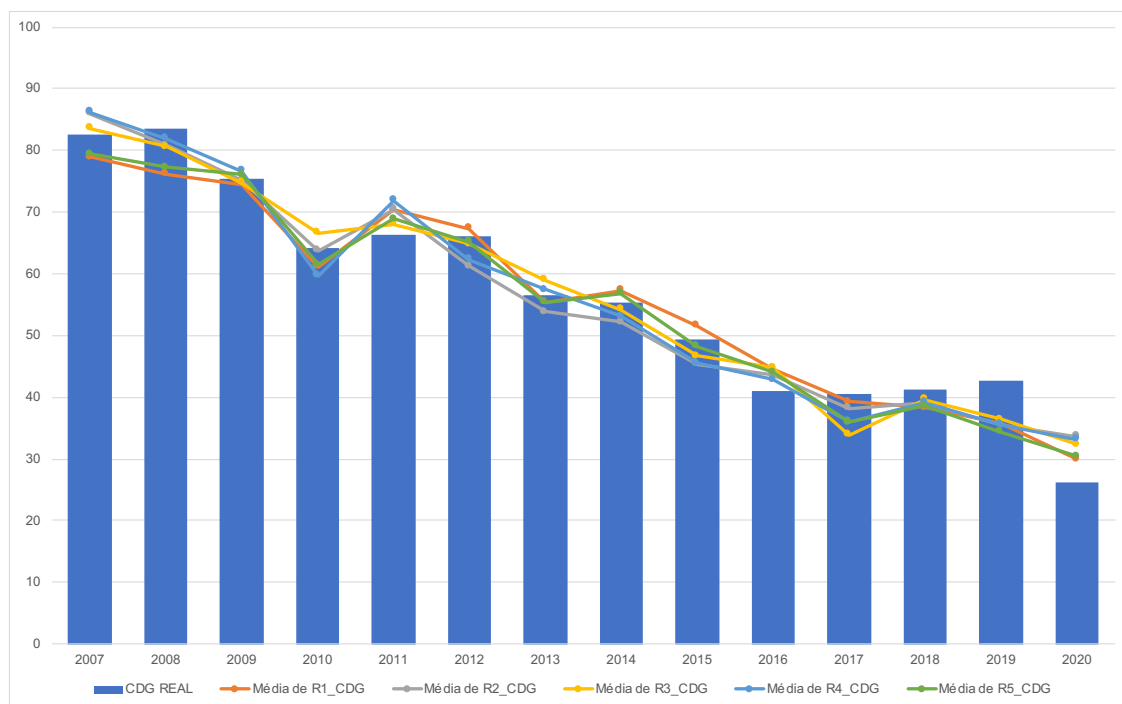
TABELA 17 – Previsões das redes neurais selecionadas para a proporção de detecção em grau II de incapacidade no Estado do Pará, de 2007 a 2020.

ANO	PG2D REAL	MÉDIA DE R1_PG2D	MÉDIA DE R2_PG2D	MÉDIA DE R3_PG2D	MÉDIA DE R4_PG2D	MÉDIA DE R5_PG2D
2007	8,17	6,86	7,08	7,37	7,08	6,90
2008	7,13	7,35	7,27	7,19	7,09	7,14
2009	7,06	7,38	7,48	7,50	6,99	6,81
2010	5,93	6,10	6,01	5,62	5,92	5,71
2011	7,44	8,24	8,12	8,20	8,34	8,17
2012	6,80	7,25	7,20	6,63	7,10	7,05
2013	6,81	6,09	6,40	6,06	6,84	6,57
2014	6,68	6,65	6,99	7,20	6,93	6,83
2015	6,12	6,73	7,52	7,40	6,74	6,54
2016	7,26	6,57	6,67	7,15	6,75	6,85
2017	8,38	8,91	8,21	7,97	8,14	8,23
2018	8,38	8,20	7,56	7,62	7,49	8,01
2019	9,49	7,93	7,78	7,69	7,24	7,61
2020	7,66	8,07	8,22	8,33	7,99	8,04

Fonte: Os autores.

Legenda: PG2D: Proporção de detecção em grau II de incapacidade; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

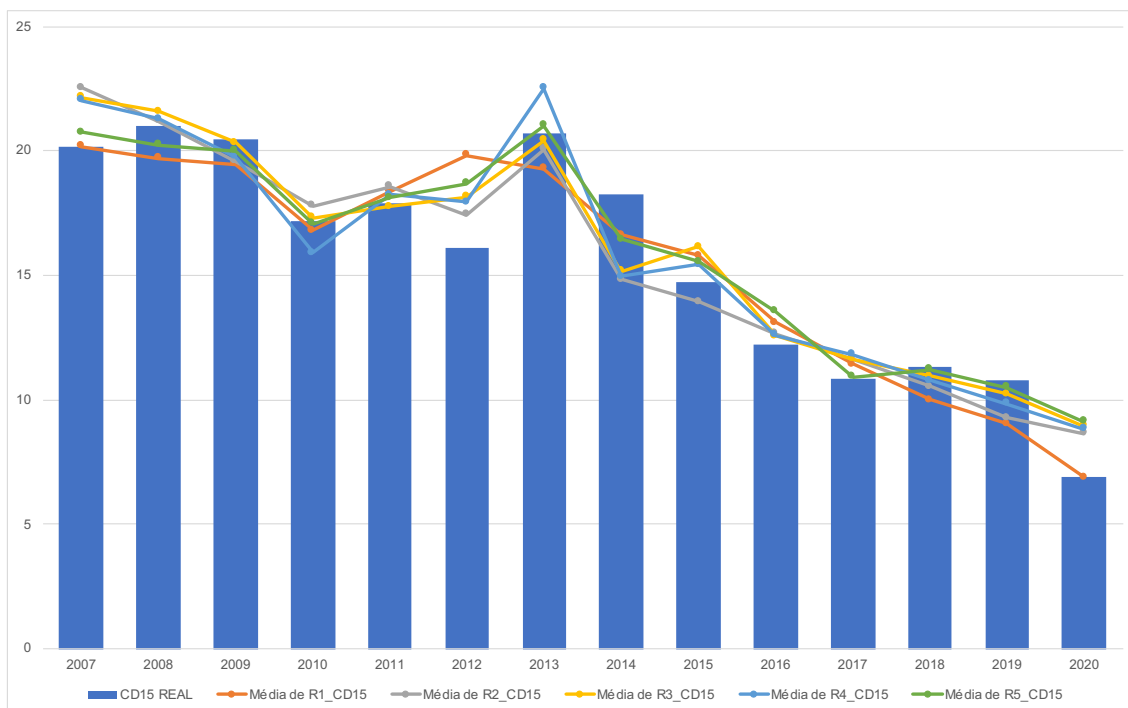
FIGURA 6 – Previsões das redes neurais selecionadas para o coeficiente de detecção geral no Estado do Pará, de 2007 a 2020.



Fonte: Os autores.

Legenda: CDG: Coeficiente de detecção geral; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

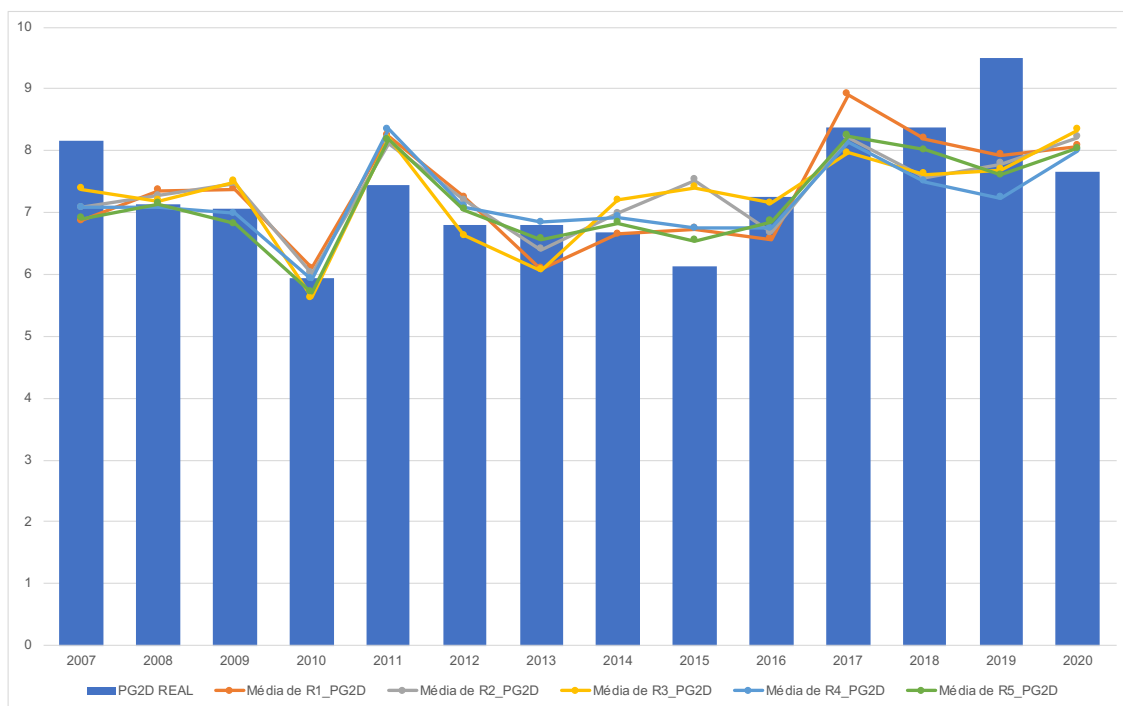
FIGURA 7 – Previsões das redes neurais seleccionadas para o coeficiente de detecção em menores de 15 anos no Estado do Pará, de 2007 a 2020.



Fonte: Os autores.

Legenda: CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

FIGURA 8 – Previsões das redes neurais selecionadas para a proporção de detecção em grau II de incapacidade no Estado do Pará, de 2007 a 2020.



Fonte: Os autores.

Legenda: PG2D: Proporção de detecção em grau II de incapacidade; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

Seguidamente, foram calculadas as métricas de erro para cada uma das redes neurais selecionadas, a fim de ser escolhida aquela que melhor se ajustou aos dados, por região de saúde. Com os resultados, foi realizado um ranqueamento, atribuindo-se o valor “1” para a melhor rede, “2” para a segunda melhor, e assim sucessivamente. Os resultados estão descritos nas Tabelas 18-24 e o resumo das melhores redes neurais artificiais (RNA's) por indicador epidemiológico da hanseníase e por Região de Saúde no Quadro 3.

TABELA 18 – Métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção geral, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	MAE					MSE					RMSE				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
ARAGUAIA	8,70	8,37	8	10,72	8,82	127,09	115,91	120,46	166,83	134,29	11,27	10,77	10,98	12,92	11,59
	3	2	1	5	4	3	1	2	5	4	3	1	2	5	4
BAIXO AMAZONAS	2,37	4,50	5,59	3,73	3,97	8,52	27,65	40,54	20,03	22,60	2,92	5,26	6,37	4,48	4,75
	1	4	5	2	3	1	4	5	2	3	1	4	5	2	3
CAETÉS	8,68	3,43	3,66	2,43	3,77	92,36	14,19	22,59	9,34	22,16	9,61	3,77	4,75	3,06	4,71
	5	2	3	1	4	5	2	4	1	3	5	2	4	1	3
CARAJÁS	9,69	13,75	10,52	11,57	12,07	173,12	330,18	192,84	216,54	229,50	13,16	18,17	13,89	14,72	15,15
	1	5	2	3	4	1	5	2	3	4	1	5	2	3	4
LAGO DO TUCURUÍ	6,78	12,10	8,61	9,84	7,86	83,39	249,20	102,26	146,48	93,55	9,13	15,79	10,11	12,10	9,67
	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2
MARAJÓ I	8,98	8,25	6,19	8,23	8,42	104,49	94,32	69,73	92,11	96,20	10,22	9,71	8,35	9,60	9,81
	5	3	1	2	4	5	3	1	2	4	5	3	1	2	4
MARAJÓ II	8,61	13,54	9,55	9,78	7,74	154,74	274,49	129,99	138,49	132,77	12,44	16,57	11,40	11,77	11,52
	2	5	3	4	1	4	5	1	3	2	4	5	1	3	2
METROPOLITANA I	4,01	8,71	5,39	7,06	5,84	21,23	114,75	38,30	79,41	46,40	4,61	10,71	6,19	8,91	6,81
	1	5	2	4	3	1	5	2	4	3	1	5	2	4	3
METROPOLITANA II	7,17	7,10	4,73	7,78	5,63	75,87	67,29	34,98	77,02	52,38	8,71	8,20	5,91	8,78	7,24
	4	3	1	5	2	4	3	1	5	2	4	3	1	5	2
METROPOLITANA III	4,37	5,99	4,47	5,17	2,76	26,37	54,55	40,41	38,18	11,32	5,13	7,39	6,36	6,18	3,36
	2	5	3	4	1	2	5	4	3	1	2	5	4	3	1

TABELA 18 (cont.) – Métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção geral, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	MAE					MSE					RMSE				
TAPAJÓS	8,13	11,48	7,64	12,58	10,20	156,68	235,06	159,47	259,21	211,13	12,52	15,33	12,63	16,10	14,53
	2	4	1	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2	5	3
TOCANTINS	6,43	5,26	5,40	6,35	6,55	60,51	55,60	42,78	59,71	66,80	7,78	7,46	6,54	7,73	8,17
	4	1	2	3	5	4	2	1	3	5	4	2	1	3	5
XINGU	7,57	10,57	9,67	8,15	8,44	120,33	156,38	135,18	105,71	124,78	10,97	12,51	11,63	10,28	11,17
	1	5	4	2	3	2	5	4	1	3	2	5	4	1	3
\bar{X}	7,04	8,70	6,88	7,95	7,08	92,67	137,66	86,89	108,39	95,68	9,11	10,89	8,85	9,74	9,11
S	2,12	3,27	2,16	2,89	2,56	51,51	98,79	53,91	71,91	66,77	3,10	4,36	2,91	3,68	3,55
	2	5	1	4	3	2	5	1	4	3	2	4	1	3	2

Fonte: Os autores.

Legenda: MAE: Erro médio absoluto; MSE: Erro médio quadrático; RMSE: Raiz do erro quadrático médio; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5; \bar{x} : Média; s: Desvio padrão.

TABELA 19 – Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção geral, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	R ²					MAPE					CV				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
ARAGUAIA	0,81	0,83	0,82	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	11,84	11,31	11,53	13,57	12,17
	3	1	2	5	4	1	1	1	1	1	3	1	2	5	4
BAIXO AMAZONAS	0,70	0,02	-0,44	0,29	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	14,93	26,90	32,57	22,89	24,32
	1	5	2	3	4	1	1	1	1	1	1	3	5	4	2
CAETÉS	-0,66	0,74	0,59	0,83	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	42,95	16,83	21,24	13,66	21,03
	3	2	5	1	4	1	1	1	1	1	5	2	4	1	3
CARAJÁS	0,89	0,80	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	12,73	17,58	13,44	14,24	14,66
	1	5	2	3	4	1	1	1	1	1	1	5	2	3	4
LAGO DO TUCURUÍ	0,95	0,86	0,94	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	9,05	15,64	10,02	11,99	9,58
	1	4	2	3	1	1	1	1	1	1	1	5	3	4	2
MARAJÓ I	-3,37	-2,95	-1,92	-2,86	-3,03	-3,03	-3,03	-3,03	-3,03	-3,03	61,20	58,15	50,00	57,46	58,73
	1	4	5	3	2	1	1	1	1	1	5	3	1	2	4
MARAJÓ II	0,15	-0,50	0,29	0,24	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	25,50	33,97	23,38	24,13	23,62
	5	1	2	4	3	1	1	1	1	1	4	5	1	3	2
METROPOLITANA I	0,27	-2,97	-0,32	-1,75	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	11,99	27,88	16,10	23,19	17,73
	5	1	4	2	3	1	1	1	1	1	1	5	2	4	3
METROPOLITANA II	0,31	0,39	0,68	0,30	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	28,45	26,79	19,32	28,67	23,64
	4	3	1	5	2	1	1	1	1	1	4	3	1	5	2
METROPOLITANA III	0,82	0,62	0,72	0,74	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	11,83	17,02	14,65	14,24	7,75
	2	5	4	3	1	1	1	1	1	1	2	5	4	3	1

TABELA 19 (cont.) – Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção geral, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	R ²					MAPE					CV				
TAPAJÓS	0,74	0,61	0,73	0,57	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	15,50	18,98	15,64	19,94	17,99
	1	4	2	5	3	1	1	1	1	1	1	4	2	5	3
TOCANTINS	0,86	0,88	0,90	0,87	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	17,57	16,84	14,77	17,45	18,45
	4	2	1	3	5	1	1	1	1	1	4	2	1	3	5
XINGU	0,87	0,83	0,86	0,89	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	12,19	13,90	12,92	11,43	12,42
	2	4	3	1	2	1	1	1	1	1	2	5	4	1	3
\bar{x}	0,26	0,01	0,36	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	21,21	23,22	19,66	20,99	20,16
S	1,13	1,32	0,79	1,11	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	14,65	11,90	10,47	11,75	12,29
	3	5	1	4	2	1	1	1	1	1	5	3	1	2	4

Fonte: Os autores.

Legenda: r²: Coeficiente de detecção; MAPE: Erro percentual absoluto médio; CV: Coeficiente de variação; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5; \bar{x} : Média; s: Desvio padrão.

TABELA 20 – Métricas de erro das redes neurais para as estimativas da proporção de detecção em grau II de deformidade, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	MAE					MSE					RMSE				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
ARAGUAIA	1,42	1,32	1,17	1,31	1,29	3,07	2,72	2,18	2,75	2,67	1,75	1,65	1,48	1,66	1,63
	5	4	1	3	2	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2
BAIXO AMAZONAS	1,59	2,21	2,35	2,33	1,86	3,53	7,08	8,69	7,16	5,35	1,88	2,66	2,95	2,68	2,31
	1	3	5	4	2	1	3	5	4	2	1	3	5	4	2
CAETÉS	1,86	2,50	2,19	2,48	2,22	5,01	8,67	7,48	8,87	6,42	2,24	2,95	2,74	2,98	2,53
	1	5	2	4	3	1	4	3	5	2	1	4	3	5	2
CARAJÁS	0,96	0,92	1,02	1,02	1,04	1,26	1,70	1,43	1,78	1,45	1,12	1,30	1,20	1,33	1,20
	2	1	3	3	4	1	4	2	5	3	1	3	2	4	2
LAGO DO TUCURUÍ	1,58	1,72	1,81	1,64	1,50	4,69	4,07	4,66	3,39	3,22	2,17	2,02	2,16	1,84	1,79
	2	4	5	3	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2	1
MARAJÓ I	0,79	2,47	2,86	1,97	1,69	0,97	10,18	18,04	7,25	4,08	0,99	3,19	4,25	2,69	2,02
	1	4	5	3	2	1	4	5	3	2	1	4	5	3	2
MARAJÓ II	1,79	2,02	2,21	2,21	1,97	5,34	7,02	8,13	8,69	7,46	2,31	2,65	2,85	2,95	2,73
	1	3	4	4	2	1	2	4	5	3	1	2	4	5	3
METROPOLITANA I	1,43	1,23	1,66	1,08	1,31	2,99	2,08	3,74	1,82	2,73	1,73	1,44	1,93	1,35	1,65
	4	2	5	1	3	4	2	5	1	3	4	2	5	1	3
METROPOLITANA II	3,32	3,71	3,67	3,83	3,53	17,40	18,42	20,59	21,23	18,27	4,17	4,29	4,54	4,61	4,27
	1	4	3	5	2	1	3	4	5	2	1	3	4	5	2
METROPOLITANA III	1,27	1,08	1,10	1,09	1,12	2,28	1,77	1,85	1,95	1,67	1,51	1,33	1,36	1,40	1,29
	5	1	3	2	4	5	2	3	4	1	5	2	3	4	1

TABELA 20 (cont.) – Métricas de erro das redes neurais para as estimativas da proporção de detecção em grau II de deformidade, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	MAE					MSE					RMSE				
TAPAJÓS	2,27	1,87	2,02	1,75	1,99	9,24	5,58	6,27	4,71	6,65	3,04	2,36	2,50	2,17	2,58
	5	2	4	1	3	5	1	2	1	4	5	2	3	1	4
TOCANTINS	1,34	1,48	1,59	1,43	1,12	3,45	4,39	4,09	3,43	2,53	1,86	2,09	2,02	1,85	1,59
	2	4	5	3	1	3	5	4	2	1	3	5	4	2	1
XINGU	1,11	1,78	1,50	1,64	1,48	2,11	3,90	3,41	3,52	3,05	1,45	1,97	1,85	1,88	1,75
	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2
\bar{X}	1,59	1,87	1,93	1,83	1,70	4,72	5,97	6,97	5,89	5,04	2,02	2,30	2,45	2,26	2,10
S	0,62	0,72	0,72	0,74	0,64	4,20	4,42	5,75	5,07	4,25	0,81	0,82	0,99	0,88	0,78
	1	4	5	3	2	1	4	5	3	2	1	4	5	3	2

Fonte: Os autores.

Legenda: MAE: Erro médio absoluto; MSE: Erro médio quadrático; RMSE: Raiz do erro quadrático médio; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5; \bar{x} : Média; s: Desvio padrão.

TABELA 21 – Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas da proporção de detecção em grau II de deformidade, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	R ²					MAPE					CV				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
ARAGUAIA	-0,01	0,10	0,28	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	28,12	26,50	23,71	26,63	26,22
	5	3	1	4	2	1	1	1	1	1	5	3	1	4	2
BAIXO AMAZONAS	0,40	-0,20	-0,48	-0,22	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	18,48	26,19	29,02	26,34	22,77
	2	4	1	3	5	1	1	1	1	1	1	3	5	4	2
CAETÉS	0,41	-0,02	0,12	-0,04	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	34,37	45,22	42,01	45,72	38,89
	1	5	3	4	2	1	1	1	1	1	1	4	3	5	2
CARAJÁS	0,41	0,21	0,33	0,17	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	19,67	22,81	20,94	23,38	21,06
	1	3	2	4	2	1	1	1	1	1	1	4	2	5	3
LAGO DO TUCURUÍ	-0,10	0,04	-0,09	0,20	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	31,04	28,91	30,92	26,37	25,72
	3	5	4	2	1	1	1	1	1	1	5	3	4	2	1
MARAJÓ I	0,97	0,68	0,44	0,77	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	16,23	52,51	69,88	44,29	33,23
	1	4	5	3	2	1	1	1	1	1	1	4	5	3	2
MARAJÓ II	0,31	0,09	-0,05	-0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	37,12	42,56	45,82	47,37	43,88
	1	3	4	2	5	1	1	1	1	1	1	2	4	5	3
METROPOLITANA I	0,51	0,66	0,38	0,70	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	19,56	16,30	21,87	15,26	18,67
	4	2	5	1	3	1	1	1	1	1	4	2	5	1	3
METROPOLITANA II	0,17	0,12	0,01	-0,02	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	56,02	57,63	60,94	61,87	57,40
	1	2	4	3	2	1	1	1	1	1	1	3	4	5	2
METROPOLITANA III	-0,13	0,12	0,08	0,03	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	19,66	17,34	17,73	18,18	16,85
	2	3	4	5	1	1	1	1	1	1	5	2	3	4	1

TABELA 21 (cont.) – Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas da proporção de detecção em grau II de deformidade, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	R ²					MAPE					CV				
TAPAJÓS	-0,71	-0,03	-0,16	0,13	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23	26,80	20,82	22,07	19,12	22,72
	1	5	3	4	2	1	1	1	1	1	5	2	3	1	4
TOCANTINS	0,50	0,36	0,40	0,50	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	29,37	33,14	32,01	29,31	25,19
	2	4	3	2	1	1	1	1	1	1	3	5	4	2	1
XINGU	0,59	0,25	0,35	0,33	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	22,69	30,82	28,84	29,28	27,25
	1	5	3	4	2	1	1	1	1	1	1	5	3	4	2
\bar{x}	0,26	0,18	0,12	0,19	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	27,63	32,36	34,29	31,78	29,22
S	0,40	0,25	0,26	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	10,33	12,74	15,47	13,26	11,01
	2	4	5	3	1	1	1	1	1	1	1	4	5	3	2

Fonte: Os autores.

Legenda: r²: Coeficiente de detecção; MAPE: Erro percentual absoluto médio; CV: Coeficiente de variação; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5; \bar{x} : Média; s: Desvio padrão.

TABELA 22 – Métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção em menores de 15 anos, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	MAE					MSE					RMSE				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
ARAGUAIA	6,32	5,94	6,11	5,87	5,59	61,87	59,59	61,91	59,93	55,31	6,32	5,94	6,11	5,87	5,59
	5	3	4	2	1	4	2	5	3	1	5	3	4	2	1
BAIXO AMAZONAS	1,52	1,77	1,85	1,59	1,35	3,94	5,02	4,18	3,66	3,77	1,52	1,77	1,85	1,59	1,35
	2	4	5	3	1	3	5	4	1	2	2	4	5	3	1
CAETÉS	3,24	1,33	0,91	1,13	2,02	13,09	2,37	1,26	1,96	5,01	3,24	1,33	0,91	1,13	2,02
	5	3	1	2	4	5	3	1	2	4	5	3	1	2	4
CARAJÁS	4,84	5,56	5,08	5,22	5,22	40,90	49,72	44,35	41,53	41,11	4,84	5,56	5,08	5,22	5,22
	1	4	2	3	3	1	5	4	3	2	1	4	2	3	3
LAGO DO TUCURUÍ	4,43	5,79	5,31	5,06	4,81	26,09	51,98	40,39	37,48	32,89	4,43	5,79	5,31	5,06	4,81
	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2
MARAJÓ I	1,82	1,84	2,29	1,86	1,84	6,18	5,80	8,41	5,86	5,69	1,82	1,84	2,29	1,86	1,84
	1	2	4	3	2	4	2	5	3	1	1	2	4	3	2
MARAJÓ II	5,17	7,05	6,85	5,37	4,92	39,10	70,50	72,07	42,11	35,06	5,17	7,05	6,85	5,37	4,92
	2	5	4	3	1	2	4	5	3	1	2	5	4	3	1
METROPOLITANA I	1,76	3,66	1,81	2,98	1,83	4,10	20,09	5,12	12,40	4,54	1,76	3,66	1,81	2,98	1,83
	1	5	2	4	3	1	5	3	4	2	1	5	2	4	3
METROPOLITANA II	3,22	4,35	3,25	3,86	3,45	18,73	30,38	17,85	28,03	21,71	3,22	4,35	3,25	3,86	3,45
	1	5	2	4	3	1	5	2	4	3	1	5	2	4	3
METROPOLITANA III	1,25	2,49	2,27	2,25	1,85	2,14	9,84	6,84	8,57	4,45	1,25	2,49	2,27	2,25	1,85
	1	5	4	3	2	1	5	3	4	2	1	5	4	3	2

TABELA 22 (cont.) – Métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção em menores de 15 anos, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	MAE					MSE					RMSE				
TAPAJÓS	4,08	5,10	5,32	5,70	6,00	27,71	38,78	39,93	48,18	44,80	4,08	5,10	5,32	5,70	6,00
	1	2	3	4	5	1	2	3	5	4	1	2	3	4	5
TOCANTINS	2,65	2,90	2,41	2,69	2,65	9,31	17,52	12,26	16,40	10,90	2,65	2,90	2,41	2,69	2,65
	2	4	1	3	2	1	5	3	4	2	2	4	1	3	2
XINGU	3,58	4,24	3,87	4,63	4,07	17,58	26,13	22,41	30,06	21,62	3,58	4,24	3,87	4,63	4,07
	1	4	2	5	3	1	4	3	5	2	1	4	2	5	3
\bar{X}	3,37	4,00	3,64	3,71	3,51	20,83	29,82	25,92	25,86	22,07	3,37	4,00	3,64	3,71	3,51
S	1,50	1,76	1,83	1,63	1,61	17,17	21,69	22,56	18,31	17,34	1,50	1,76	1,83	1,63	1,61
	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2

Fonte: Os autores.

Legenda: MAE: Erro médio absoluto; MSE: Erro médio quadrático; RMSE: Raiz do erro quadrático médio; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5; \bar{x} : Média; s: Desvio padrão.

TABELA 23 – Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção em menores de 15 anos, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	R ²					MAPE					CV				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
ARAGUAIA	7,87	7,72	7,87	7,74	7,44	0,34	0,37	0,34	0,36	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
	4	2	4	3	1	4	2	4	3	1	1	1	1	1	1
BAIXO AMAZONAS	1,99	2,24	2,04	1,91	1,94	0,24	0,03	0,19	0,29	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
	3	5	4	1	2	3	5	4	1	2	1	1	1	1	1
CAETÉS	3,62	1,54	1,12	1,40	2,24	-2,50	0,37	0,66	0,48	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34
	5	3	1	2	4	1	4	2	3	5	1	1	1	1	1
CARAJÁS	6,40	7,05	6,66	6,44	6,41	0,70	0,64	0,68	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	1	5	4	3	2	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1
LAGO DO TUCURUÍ	5,11	7,21	6,36	6,12	5,74	0,81	0,62	0,71	0,73	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	1	1	1	1
MARAJÓ I	2,49	2,41	2,90	2,42	2,39	-1,20	-1,06	-1,99	-1,08	-1,02	-1,02	-1,02	-1,02	-1,02	-1,02
	4	2	5	3	1	2	5	1	3	4	1	1	1	1	1
MARAJÓ II	6,25	8,40	8,49	6,49	5,92	0,64	0,35	0,33	0,61	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	2	4	5	3	1	2	4	5	3	1	1	1	1	1	1
METROPOLITANA I	2,03	4,48	2,26	3,52	2,13	0,28	-2,53	0,10	-1,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	1	5	3	4	2	3	1	5	2	4	1	1	1	1	1
METROPOLITANA II	4,33	5,51	4,22	5,29	4,66	0,02	-0,59	0,07	-0,47	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14
	2	5	1	4	3	5	1	4	2	3	1	1	1	1	1
METROPOLITANA III	1,46	3,14	2,62	2,93	2,11	0,84	0,25	0,48	0,35	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2	1	1	1	1	1

TABELA 23 (cont.) – Demais métricas de erro das redes neurais para as estimativas do coeficiente de detecção em menores de 15 anos, por Região de Saúde do Estado do Pará, e seus respectivos ranqueamentos.

REGIÕES	R ²					MAPE					CV				
TAPAJÓS	5,26	6,23	6,32	6,94	6,69	0,55	0,38	0,36	0,23	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
	1	2	3	5	4	1	2	3	5	4	1	1	1	1	
TOCANTINS	3,05	4,19	3,50	4,05	3,30	0,79	0,60	0,72	0,62	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
	1	5	3	4	2	1	5	3	4	2	1	1	1	1	
XINGU	4,19	5,11	4,73	5,48	4,65	0,70	0,55	0,62	0,49	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	
	1	4	3	5	2	1	4	3	5	2	1	1	1	1	
\bar{x}	4,16	5,02	4,55	4,67	4,28	0,17	0,00	0,25	0,16	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
S	1,88	2,16	2,29	2,01	1,94	0,93	0,88	0,68	0,62	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	
	1	5	3	4	2	3	5	2	4	1	1	1	1	1	

Fonte: Os autores.

Legenda: r²: Coeficiente de detecção; MAPE: Erro percentual absoluto médio; CV: Coeficiente de variação; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5; \bar{x} : Média; s: Desvio padrão.

Quadro 3 – Melhor rede neural artificial por Região de Saúde e indicador epidemiológico analisado.

REGIÃO	CDG	CD15	PG2D
ARAGUAIA	R2	R5	R3
BAIXO AMAZONAS	R1	R4	R1
CAETÉS	R4	R3	R1
CARAJÁS	R1	R1	R1
LAGO DO TUCURUÍ	R1	R1	R5
MARAJÓ I	R3	R5	R1
MARAJÓ II	R3	R5	R1
METROPOLITANA I	R1	R1	R4
METROPOLITANA II	R3	R1	R1
METROPOLITANA III	R5	R1	R5
TAPAJÓS	R1	R1	R4
TOCANTINS	R3	R1	R5
XINGU	R4	R1	R1

Fonte: Os autores.

Legenda: CDG: Coeficiente de detecção geral; CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; PG2D: Proporção de detecção em grau II de incapacidade; R1: Rede neural 1; R2: Rede neural 2; R3: Rede neural 3; R4: Rede neural 4; R5: Rede neural 5.

Após o estabelecimento da melhor RNA para cada local e indicador epidemiológico da hanseníase, foi realizado um novo processamento dos dados, com o objetivo de estimar o valor ponderado de cada variável de saúde, educacional e social estudada neste trabalho nos indicadores da doença, ou seja, o peso delas no valor final processado (Tabela 24). Após, o valor normalizado dos valores ponderados de cada variáveis em cada neurônio foram somados e ranqueados (Tabela 25).

TABELA 24 – Valor ponderado, e seu respectivo módulo, de cada sinapse, por neurônio da camada intermediária e variável analisada.

NEURÔNIO INTERMEDIÁRIO	VARIÁVEL	VALOR PONDERADO	VALOR PONDERADO
1	Ano	0,96670	0,96670
1	R\$_PBF/HAB	0,55464	0,55464
1	R\$_FUNDEB/HAB	0,34874	0,34874
1	R\$_APS/HAB	-0,28710	0,28710
1	R\$_VIG/HAB	0,37497	0,37497
1	%COBERT_PBF	0,50594	0,50594
1	%COB_ESF	0,01085	0,01085
1	%COB_AB	0,18473	0,18473
1	IDHM_EDUCACAO	0,19889	0,19889
1	TX_ANALFABETISMO_>15A	0,31400	0,31400
1	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	0,35684	0,35684
1	IDEB_ANOS_FINALS_EF	-0,35667	0,35667
1	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	-0,85955	0,85955
1	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	0,48306	0,48306
1	ARAGUAIA	-0,07582	0,07582
1	BAIXO AMAZONAS	0,18203	0,18203
1	CAETÉS	-0,49251	0,49251
1	CARAJÁS	0,03811	0,03811
1	LAGO DO TUCURUÍ	-0,35054	0,35054
1	MARAJÓ I	1,91699	1,91699
1	MARAJÓ II	0,15297	0,15297
1	METROPOLITANA I	-0,06374	0,06374
1	METROPOLITANA II	0,03423	0,03423
1	METROPOLITANA III	-0,22836	0,22836
1	TAPAJÓS	-1,42697	1,42697
1	TOCANTINS	0,18107	0,18107
1	XINGU	-0,47706	0,47706
2	Ano	0,16750	0,16750
2	R\$_PBF/HAB	0,42745	0,42745
2	R\$_FUNDEB/HAB	0,14823	0,14823
2	R\$_APS/HAB	-0,18057	0,18057
2	R\$_VIG/HAB	0,67366	0,67366
2	%COBERT_PBF	-0,20598	0,20598
2	%COB_ESF	0,37771	0,37771
2	%COB_AB	-0,04546	0,04546
2	IDHM_EDUCACAO	-0,11499	0,11499
2	TX_ANALFABETISMO_>15A	0,41766	0,41766
2	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	-0,15545	0,15545

TABELA 24 (cont.) – Valor ponderado, e seu respectivo módulo, de cada sinapse, por neurônio da camada intermediária e variável analisada.

NEURÔNIO INTERMEDIÁRIO	VARIÁVEL	VALOR PONDERADO	 VALOR PONDERADO
2	IDEB_ANOS_FINALS_EF	0,25856	0,25856
2	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	0,50738	0,50738
2	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	-0,03355	0,03355
2	ARAGUAIA	-0,25735	0,25735
2	BAIXO AMAZONAS	-0,40111	0,40111
2	CAETÉS	0,26206	0,26206
2	CARAJÁS	-0,61991	0,61991
2	LAGO DO TUCURUÍ	-0,29922	0,29922
2	MARAJÓ I	2,22034	2,22034
2	MARAJÓ II	-0,03753	0,03753
2	METROPOLITANA I	-0,09784	0,09784
2	METROPOLITANA II	0,30261	0,30261
2	METROPOLITANA III	-0,03336	0,03336
2	TAPAJÓS	-1,27977	1,27977
2	TOCANTINS	0,22715	0,22715
2	XINGU	-0,43902	0,43902
3	Ano	-0,21486	0,21486
3	R\$_PBF/HAB	-1,61558	1,61558
3	R\$_FUNDEB/HAB	0,12177	0,12177
3	R\$_APS/HAB	0,18215	0,18215
3	R\$_VIG/HAB	-0,36589	0,36589
3	%COBERT_PBF	-0,56293	0,56293
3	%COB_ESF	-0,11276	0,11276
3	%COB_AB	0,27625	0,27625
3	IDHM_EDUCACAO	-0,11153	0,11153
3	TX_ANALFABETISMO_>15A	0,22886	0,22886
3	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	0,32618	0,32618
3	IDEB_ANOS_FINALS_EF	-0,65364	0,65364
3	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	0,19724	0,19724
3	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	0,13331	0,13331
3	ARAGUAIA	-0,90670	0,90670
3	BAIXO AMAZONAS	0,93863	0,93863
3	CAETÉS	0,91689	0,91689
3	CARAJÁS	-1,42124	1,42124
3	LAGO DO TUCURUÍ	-1,11554	1,11554
3	MARAJÓ I	1,76483	1,76483
3	MARAJÓ II	0,29021	0,29021
3	METROPOLITANA I	0,50466	0,50466

TABELA 24 (cont.) – Valor ponderado, e seu respectivo módulo, de cada sinapse, por neurônio da camada intermediária e variável analisada.

NEURÔNIO INTERMEDIÁRIO	VARIÁVEL	VALOR PONDERADO	VALOR PONDERADO
3	METROPOLITANA II	0,47951	0,47951
3	METROPOLITANA III	0,29943	0,29943
3	TAPAJÓS	-0,14118	0,14118
3	TOCANTINS	-0,66561	0,66561
3	XINGU	-0,60557	0,60557
4	Ano	-0,94176	0,94176
4	R\$_PBF/HAB	-0,04756	0,04756
4	R\$_FUNDEB/HAB	-0,22134	0,22134
4	R\$_APS/HAB	-0,11880	0,11880
4	R\$_VIG/HAB	0,54772	0,54772
4	%COBERT_PBF	0,63950	0,63950
4	%COB_ESF	0,54798	0,54798
4	%COB_AB	0,29714	0,29714
4	IDHM_EDUCACAO	-0,18137	0,18137
4	TX_ANALFABETISMO_>15A	0,86625	0,86625
4	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	0,02861	0,02861
4	IDEB_ANOS_FINALS_EF	-0,00383	0,00383
4	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	0,73126	0,73126
4	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	0,27972	0,27972
4	ARAGUAIA	-0,46346	0,46346
4	BAIXO AMAZONAS	0,28201	0,28201
4	CAETÉS	0,79410	0,79410
4	CARAJÁS	-0,67943	0,67943
4	LAGO DO TUCURUÍ	-0,39738	0,39738
4	MARAJÓ I	0,51177	0,51177
4	MARAJÓ II	-0,92218	0,92218
4	METROPOLITANA I	-0,09049	0,09049
4	METROPOLITANA II	0,65286	0,65286
4	METROPOLITANA III	0,02022	0,02022
4	TAPAJÓS	-1,33321	1,33321
4	TOCANTINS	0,70356	0,70356
4	XINGU	0,30035	0,30035
5	Ano	1,61831	1,61831
5	R\$_PBF/HAB	0,15356	0,15356
5	R\$_FUNDEB/HAB	-0,62437	0,62437
5	R\$_APS/HAB	-0,26997	0,26997
5	R\$_VIG/HAB	0,05095	0,05095
5	%COBERT_PBF	-0,29020	0,29020

TABELA 24 (cont.) – Valor ponderado, e seu respectivo módulo, de cada sinapse, por neurônio da camada intermediária e variável analisada.

NEURÔNIO INTERMEDIÁRIO	VARIÁVEL	VALOR PONDERADO	VALOR PONDERADO
5	%COB_ESF	-0,36264	0,36264
5	%COB_AB	0,25113	0,25113
5	IDHM_EDUCACAO	-0,58689	0,58689
5	TX_ANALFABETISMO_>15A	-0,44708	0,44708
5	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	0,21674	0,21674
5	IDEB_ANOS_FINALIS_EF	-1,35504	1,35504
5	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	0,68129	0,68129
5	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	0,66246	0,66246
5	ARAGUAIA	-0,36824	0,36824
5	BAIXO AMAZONAS	0,32154	0,32154
5	CAETÉS	0,15068	0,15068
5	CARAJÁS	-0,63123	0,63123
5	LAGO DO TUCURUÍ	-0,23486	0,23486
5	MARAJÓ I	1,74318	1,74318
5	MARAJÓ II	-1,08980	1,08980
5	METROPOLITANA I	-0,83776	0,83776
5	METROPOLITANA II	-0,00342	0,00342
5	METROPOLITANA III	0,10428	0,10428
5	TAPAJÓS	0,87089	0,87089
5	TOCANTINS	-0,16763	0,16763
5	XINGU	-0,45221	0,45221
6	Ano	1,31075	1,31075
6	R\$_PBF/HAB	1,23237	1,23237
6	R\$_FUNDEB/HAB	1,20007	1,20007
6	R\$_APS/HAB	-1,35503	1,35503
6	R\$_VIG/HAB	-0,68136	0,68136
6	%COBERT_PBF	-0,13328	0,13328
6	%COB_ESF	0,06800	0,06800
6	%COB_AB	-0,68378	0,68378
6	IDHM_EDUCACAO	-0,52869	0,52869
6	TX_ANALFABETISMO_>15A	0,61761	0,61761
6	IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	-0,21528	0,21528
6	IDEB_ANOS_FINALIS_EF	-0,30600	0,30600
6	%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	-0,08290	0,08290
6	%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	-0,41642	0,41642
6	ARAGUAIA	-0,01880	0,01880
6	BAIXO AMAZONAS	0,62312	0,62312
6	CAETÉS	0,48995	0,48995

TABELA 24 (cont.) – Valor ponderado, e seu respectivo módulo, de cada sinapse, por neurônio da camada intermediária e variável analisada.

NEURÔNIO INTERMEDIÁRIO	VARIÁVEL	VALOR PONDERADO	VALOR PONDERADO
6	CARAJÁS	-0,20225	0,20225
6	LAGO DO TUCURUÍ	-0,85050	0,85050
6	MARAJÓ I	2,25502	2,25502
6	MARAJÓ II	-0,26410	0,26410
6	METROPOLITANA I	-0,56085	0,56085
6	METROPOLITANA II	0,21589	0,21589
6	METROPOLITANA III	0,26309	0,26309
6	TAPAJÓS	-0,52148	0,52148
6	TOCANTINS	0,07033	0,07033
6	XINGU	-1,30689	1,30689
1	<i>input bias</i>	-0,66810	0,66810
2	<i>input bias</i>	-0,42194	0,42194
3	<i>input bias</i>	0,44400	0,44400
4	<i>input bias</i>	-0,61571	0,61571
5	<i>input bias</i>	-0,60937	0,60937
6	<i>input bias</i>	0,12198	0,12198
1	Coeficiente de detecção geral	-0,63052	0,63052
2	Coeficiente de detecção geral	-0,16686	0,16686
3	Coeficiente de detecção geral	-0,70929	0,70929
4	Coeficiente de detecção geral	-0,16560	0,16560
5	Coeficiente de detecção geral	-0,42401	0,42401
6	Coeficiente de detecção geral	-0,00939	0,00939
1	Coeficiente de detecção grau II	0,48158	0,48158
2	Coeficiente de detecção grau II	-0,31077	0,31077
3	Coeficiente de detecção grau II	0,36095	0,36095
4	Coeficiente de detecção grau II	-0,05294	0,05294
5	Coeficiente de detecção grau II	0,64284	0,64284
6	Coeficiente de detecção grau II	-0,38384	0,38384
1	Coeficiente de detecção < 15 anos	-0,63924	0,63924
2	Coeficiente de detecção < 15 anos	0,54395	0,54395
3	Coeficiente de detecção < 15 anos	-0,75504	0,75504
4	Coeficiente de detecção < 15 anos	-0,47390	0,47390
5	Coeficiente de detecção < 15 anos	-0,75517	0,75517
6	Coeficiente de detecção < 15 anos	0,02061	0,02061

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; (cont.)

(cont.) R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar

TABELA 25 – Ranking da soma dos valores ponderados e soma dos valores ponderados normalizados, por variável analisada.

VARIÁVEL	SOMA DO VALOR PONDERADO	SOMA DO VALOR PONDERADO
MARAJÓ I	10,41	10,41
TAPAJÓS	5,57	-3,83
ANO	5,22	2,91
R\$_PBF/HAB	4,03	0,70
CARAJÁS	3,59	-3,52
XINGU	3,58	-2,98
LAGO DO TUCURUÍ	3,25	-3,25
CAETÉS	3,11	2,12
%_POP_URB_ABASTEC_AGUA	3,06	1,17
IDEB_ANOS_FINALIS_EF	2,93	-2,42
TX_ANALFABETISMO_>15A	2,89	2,00
<i>input bias</i>	2,88	-1,75
MARAJÓ II	2,76	-1,87
BAIXO AMAZONAS	2,75	1,95
R\$_VIG/HAB	2,69	0,60
R\$_FUNDEB/HAB	2,66	0,97
R\$_APS/HAB	2,39	-2,03
%COBERT_PBF	2,34	-0,05
METROPOLITANA I	2,16	-1,15
ARAGUAIA	2,09	-2,09
TOCANTINS	2,02	0,35
%_POP_URB_COLETA_RESIDUOS	2,01	1,11
%COB_AB	1,74	0,28
IDHM_EDUCACAO	1,72	-1,32
METROPOLITANA II	1,69	1,68
%COB_ESF	1,48	0,53
IDEB_ANOS_INICIAIS_EF	1,30	0,56
METROPOLITANA III	0,95	0,43

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família; R\$_FUNDEB/HAB: Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica; R\$_APS/HAB: Real gasto por habitante com a Atenção Primária à Saúde; R\$_VIG/HAB: Real gasto por habitante com a Vigilância em Saúde; %COBERT_PBF: Cobertura do Programa Bolsa Família; %COB_ESF: Cobertura da Estratégia Saúde da Família; %COB_AB: Cobertura da Atenção Básica; (cont.)

(cont.) IDHM_EDUCACAO: Índice de desenvolvimento humano municipal dimensão educação; TX_ANALFABETISMO_>15A: Taxa de analfabetismo acima dos 15 anos; IDEB_ANOS_INICIAIS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental; IDEB_ANOS_FINALS_EF: Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental; %_POP_URB_ABASTEC_AGUA: Percentual da população urbana com abastecimento de água; %_POP_URB_COLETA_RESIDUOS: Percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar

A partir dos resultados da Tabela 25, as variáveis com a soma do valor normalizado dos valores ponderados superior ao do *input bias* foram destacadas como as com impacto nos indicadores epidemiológicos da hanseníase. Em sendo a R\$_PBF/HAB (Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família) aquela passível de modificação, ou seja, de aumento ou diminuição, com maior peso detectado neste estudo, foram criados diferentes cenários de projeção dos indicadores por Região de Saúde a partir do aumento percentual desta variável em 25, 50, 75 ou 100% por ano até 2030. Os resultados estão compilados nas Tabelas 27-29.

TABELA 26 – Coeficiente de detecção geral da hanseníase previsto para cada cenário de aumento do real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família, por Região de Saúde do Estado do Pará, para o ano de 2030.

REGIÃO DE SAÚDE	CENÁRIO 0%		CENÁRIO 25%		CENÁRIO 50%		CENÁRIO 75%		CENÁRIO 100%	
	CDG	R\$_PBF/HAB	CDG	R\$_PBF/HAB	CDG	R\$_PBF/HAB	CDG	R\$_PBF/HAB	CDG	R\$_PBF/HAB
ARAGUAIA	32,53	170,43	31,91	213,04	24,76	255,64	25,17	298,25	29,28	340,86
BAIXO AMAZONAS	17,34	330,84	16,08	413,56	12,75	496,27	3,13	578,98	0,00	661,69
CAETÉS	15,14	367,27	13,73	459,09	12,69	550,91	1,82	642,73	0,00	734,54
CARAJÁS	29,41	172,88	28,29	216,10	20,75	259,32	19,03	302,54	10,87	345,76
LAGO DO TUCURUÍ	28,75	215,03	27,52	268,79	18,70	322,55	17,78	376,31	5,93	430,07
MARAJÓ I	14,10	494,15	12,47	617,68	12,32	741,22	0,00	864,76	0,00	988,30
MARAJÓ II	27,75	469,37	27,28	586,71	18,45	704,05	14,10	821,39	6,62	938,73
METROPOLITANA I	25,95	150,21	25,45	187,76	17,76	225,32	15,20	262,87	15,45	300,42
METROPOLITANA II	17,55	351,15	16,31	438,93	13,54	526,72	4,22	614,51	0,00	702,29
METROPOLITANA III	22,53	279,25	21,67	349,07	16,02	418,88	9,90	488,69	6,00	558,50
TAPAJÓS	35,92	291,63	36,07	364,54	28,16	437,44	22,28	510,35	25,66	583,26
TOCANTINS	15,51	411,01	13,59	513,77	14,55	616,52	2,65	719,28	0,00	822,03
XINGU	29,14	393,43	28,37	491,79	24,89	590,15	14,38	688,51	15,11	786,87

Fonte: Os autores.

Legenda: CDG: Coeficiente de detecção geral; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família;

TABELA 27 – Coeficiente de detecção em menores de 15 anos da hanseníase previsto para cada cenário de aumento do real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família, por Região de Saúde do Estado do Pará, para o ano de 2030.

REGIÃO DE SAÚDE	CENÁRIO 0%		CENÁRIO 25%		CENÁRIO 50%		CENÁRIO 75%		CENÁRIO 100%	
	CD15	R\$_PBF/HAB	CD15	R\$_PBF/HAB	CD15	R\$_PBF/HAB	CD15	R\$_PBF/HAB	CD15	R\$_PBF/HAB
ARAGUAIA	13,00	170,43	12,28	213,04	6,83	255,64	8,70	298,25	13,93	340,86
BAIXO AMAZONAS	15,55	330,84	14,38	413,56	1,92	496,27	0,00	578,98	0,00	661,69
CAETÉS	12,92	367,27	11,53	459,09	1,57	550,91	0,00	642,73	0,00	734,54
CARAJÁS	11,74	172,88	10,84	216,10	8,21	259,32	2,67	302,54	1,35	345,76
LAGO DO TUCURUÍ	10,83	215,03	9,78	268,79	6,45	322,55	0,00	376,31	0,00	430,07
MARAJÓ I	12,80	494,15	11,06	617,68	1,40	741,22	0,00	864,76	0,00	988,30
MARAJÓ II	16,82	469,37	15,41	586,71	6,74	704,05	0,00	821,39	0,00	938,73
METROPOLITANA I	20,21	150,21	19,70	187,76	6,12	225,32	9,96	262,87	12,83	300,42
METROPOLITANA II	14,05	351,15	12,79	438,93	2,32	526,72	0,00	614,51	0,00	702,29
METROPOLITANA III	15,40	279,25	14,42	349,07	3,97	418,88	4,11	488,69	0,00	558,50
TAPAJÓS	15,32	291,63	14,50	364,54	6,04	437,44	3,78	510,35	3,82	583,26
TOCANTINS	10,23	411,01	8,42	513,77	4,63	616,52	0,00	719,28	0,00	822,03
XINGU	10,97	393,43	9,45	491,79	6,20	590,15	0,00	688,51	0,00	786,87

Fonte: Os autores.

Legenda: CD15: Coeficiente de detecção em menores de 15 anos; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família;

TABELA 28 – Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade da hanseníase previsto para cada cenário de aumento do real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família, por Região de Saúde do Estado do Pará, para o ano de 2030.

REGIÃO DE SAÚDE	CENÁRIO 0%		CENÁRIO 25%		CENÁRIO 50%		CENÁRIO 75%		CENÁRIO 100%	
	PG2D	R\$_PBF/HAB	PG2D	R\$_PBF/HAB	PG2D	R\$_PBF/HAB	PG2D	R\$_PBF/HAB	PG2D	R\$_PBF/HAB
ARAGUAIA	12,07	170,43	11,36	213,04	7,91	255,64	4,84	298,25	6,44	340,86
BAIXO AMAZONAS	18,55	330,84	17,32	413,56	7,10	496,27	0,00	578,98	0,00	661,69
CAETÉS	15,44	367,27	14,00	459,09	6,22	550,91	0,00	642,73	0,00	734,54
CARAJÁS	9,75	172,88	8,90	216,10	10,96	259,32	0,00	302,54	0,00	345,76
LAGO DO TUCURUÍ	8,82	215,03	7,83	268,79	9,77	322,55	0,00	376,31	0,00	430,07
MARAJÓ I	15,93	494,15	14,07	617,68	4,65	741,22	0,00	864,76	0,00	988,30
MARAJÓ II	18,40	469,37	16,87	586,71	11,20	704,05	0,00	821,39	0,00	938,73
METROPOLITANA I	22,80	150,21	22,26	187,76	11,19	225,32	8,32	262,87	13,05	300,42
METROPOLITANA II	16,59	351,15	15,27	438,93	7,39	526,72	0,00	614,51	0,00	702,29
METROPOLITANA III	17,47	279,25	16,45	349,07	9,34	418,88	1,86	488,69	0,00	558,50
TAPAJÓS	15,82	291,63	14,92	364,54	8,83	437,44	0,56	510,35	4,95	583,26
TOCANTINS	11,58	411,01	9,77	513,77	9,93	616,52	0,00	719,28	0,00	822,03
XINGU	10,48	393,43	8,95	491,79	8,50	590,15	0,00	688,51	0,00	786,87

Fonte: Os autores.

Legenda: PG2D: Proporção de diagnóstico em grau II de deformidade; R\$_PBF/HAB: Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família;

Com base nos cenários propostos, é possível perceber que todos os coeficientes são atingidos pelo aumento do gasto per capita com o PBF. Em um cenário de aumento de 75% neste investimento, o Marajó I alcançaria o zero teórico de casos de hanseníase, enquanto que caso o investimento por habitante fosse dobrado, Baixo Amazonas, Caetés, Região Metropolitana II e Tocantins também entrariam neste status.

Considerando que a previsão do IBGE para a população do Estado do Pará em dezembro de 2030 é 9.503.033 de habitante⁸⁰, em caso de um aumento de 100% no valor per capita gasto com o PBF, em se mantendo as proporções populacionais entre as regiões, estima-se um investimento de cerca de R\$ 5.064.030.661,98, em valores atuais, ou cerca de R\$ 436,99 mensais para cada uma das 965.697 famílias paraenses beneficiárias do PBF em 2020 e um CDG estimado, para o Pará, de 9,54 casos/100mil habitantes.

6. DISCUSSÃO

Este estudo buscou correlacionar, no Estado do Pará, o investimento federal em determinadas políticas de saúde, assistência social e educação, além de indicadores destas áreas com três métricas utilizadas para acompanhar a hanseníase: coeficiente de detecção geral (CDG), coeficiente de detecção em menores de 15 anos (CD15) e proporção de casos diagnosticados em grau 2 de incapacidade (PG2D).

A partir dos dados coletados, verificou-se que o Pará se mantém como um estado hiperendêmico para a doença. A hiperendemia da hanseníase é caracterizada por uma alta prevalência da doença na população, e para que um estado seja considerado hiperendêmico, é necessário que o coeficiente de detecção (CD) geral da doença seja superior a 40 casos por 100 mil habitantes⁸¹. No caso específico do Estado do Pará, a hanseníase é considerada hiperendêmica devido ao CD geral, que em nosso estudo teve uma média de 65,20 casos por 100 mil habitantes entre 2001 e 2020.

A evolução dos indicadores epidemiológicos da hanseníase neste período demonstra uma tendência complexa, que aponta tanto para avanços no controle desta doença, quanto para a persistência de desafios no âmbito da saúde pública. A análise dos dados coletados ao longo das últimas duas décadas permite uma melhor compreensão das dinâmicas envolvidas no combate à hanseníase, bem como o impacto de políticas públicas e estratégias de intervenção no contexto específico do Pará.

Ao longo deste período, observou-se uma redução significativa na detecção da hanseníase no Pará, o que concorda com estudos da literatura disponíveis⁸²⁻⁸⁵. Este declínio pode ser atribuído a uma série de fatores, incluindo a implementação de programas de controle, como o Programa Nacional de Controle da Hanseníase (PNCH), que tem como objetivo a eliminação da doença enquanto problema de saúde pública. Uma das principais estratégias do PNCH é a intensificação do diagnóstico e tratamento precoces, o que contribui para a redução da transmissão e das incapacidades causadas pela hanseníase⁸⁶.

Especialmente no ano de 2020 houve uma queda mais acentuada nos indicadores de detecção da doença. É certo que a pandemia da Covid-19 impôs uma série de alterações na dinâmica na gestão e nos serviços de saúde acabaram por priorizar o atendimento de pacientes com Síndrome Respiratória Aguda, além do medo e das recomendações de isolamento que descontinuaram as estratégias de diagnóstico precoce. Os nossos resultados suportam a afirmação que neste ano, na verdade, não houve uma diminuição de casos, mas sim da vigilância e diagnóstico.

Ademais, apesar dos avanços observados, a incidência da hanseníase no Estado do Pará ainda permanece elevada em comparação com outras regiões do Brasil^{84,85}. Isso pode ser atribuído a diferentes fatores, incluindo a heterogeneidade geográfica do Pará, a presença de populações vulneráveis, e a insuficiência de recursos humanos e financeiros para ações de vigilância e controle da doença⁸⁷. De fato, estudos apontam que a descentralização das ações de controle da hanseníase para os municípios, um dos pilares do PNCH, nem sempre se traduz em práticas efetivas de diagnóstico e tratamento da doença no nível local⁸⁸.

Neste sentido, é fundamental que os esforços de controle da hanseníase no Pará sejam intensificados e adaptados às especificidades regionais, o que pode ser comprovado pela notável diferença na evolução da doença nas diferentes Regiões de Saúde do Estado. Essas ações incluem a implementação de estratégias de detecção de casos focadas em populações de maior risco⁸⁹, bem como o fortalecimento das redes de atenção primária à saúde, com ênfase na capacitação dos profissionais e na integração das ações de controle da hanseníase com outras políticas públicas^{90,91}.

Neste sentido, investimentos em saúde, educação e transferência de renda têm o potencial de impactar positivamente o controle e a eliminação da hanseníase, ao abordar fatores sociais e econômicos que contribuem para a persistência da doença.

Alguns resultados advindos destes investimentos podem ser o aumento da detecção precoce e tratamento adequado da doença, elevação da conscientização e o conhecimento sobre a doença e seus sintomas, levando a uma maior procura por diagnóstico e tratamento, bem como o combate ao estigma e a discriminação associados à hanseníase, ao promover a compreensão e a inclusão das pessoas afetadas pela doença⁹²⁻⁹⁵. Também, estudos mostram que a transferência de renda pode levar a melhorias na saúde, educação e bem-estar das famílias beneficiárias, potencialmente reduzindo a vulnerabilidade à hanseníase e outras doenças infecciosas^{96,97}.

Estes dados corroboram para o fato de que a patogênese da hanseníase é multifatorial, envolvendo uma interação complexa entre fatores de saúde, ambientais e sociais. A compreensão dessa complexidade é fundamental para o

desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e controle da doença, bem como para a eliminação da hanseníase como problema de saúde pública.

Fatores de saúde desempenham um papel importante na patogênese da hanseníase. Estudos genéticos demonstraram que a predisposição genética pode influenciar a suscetibilidade à infecção e o desenvolvimento da doença em indivíduos expostos ao *M. leprae*. Além disso, a resposta imunológica do hospedeiro é crucial na determinação do espectro clínico da hanseníase, que varia desde a forma tuberculoide, caracterizada por uma resposta imunológica eficiente e menor carga bacilar, até a forma lepromatosa, com resposta imunológica deficiente e alta carga bacilar⁹⁸.

Fatores ambientais também estão envolvidos na patogênese da hanseníase. A transmissão do *M. leprae* ocorre principalmente através de gotículas respiratórias liberadas por indivíduos infectados. Condições ambientais, como a densidade populacional, a ventilação e a umidade, podem influenciar a dispersão e a sobrevivência do bacilo no ambiente, afetando o risco de transmissão e a incidência da doença. Além disso, a exposição a fatores ambientais, como poluentes atmosféricos e químicos, pode alterar a resposta imunológica do hospedeiro, aumentando a susceptibilidade à infecção e a progressão da doença^{99,100}.

Fatores sociais desempenham um papel crucial na patogênese da hanseníase, principalmente por meio de seu impacto na exposição e vulnerabilidade à infecção. A pobreza, a desigualdade socioeconômica e a falta de acesso a serviços de saúde são fatores determinantes da persistência da hanseníase em muitos países em desenvolvimento. Além disso, o estigma e a discriminação associados à hanseníase podem levar a atrasos no diagnóstico e

tratamento, aumentando o risco de transmissão e o desenvolvimento de incapacidades e sequelas associadas à doença^{99,101}.

Por conta desta multifatorialidade, foi necessário reduzir a dimensionalidade das variáveis utilizadas neste estudo através da análise de componentes principais (ACP), uma técnica estatística amplamente utilizada em diversos campos da ciência, incluindo a medicina, para reduzir a dimensionalidade de conjuntos de dados e identificar as variáveis mais importantes que explicam a maior parte da variabilidade observada¹⁰². Neste contexto, a ACP tem sido aplicada em diversos estudos médicos, desde a análise de dados genéticos até a avaliação de fatores de risco e desfechos clínicos¹⁰³.

Na área da dermatologia, a ACP tem sido também aplicada em estudos sobre hanseníase. Um estudo recente de Queiroz et al.¹⁰⁴ utilizou a ACP para analisar o perfil de citocinas em pacientes contactantes com infecções subclínicas da hanseníase e identificar os principais fatores que explicam a variação na expressão dessas citocinas.

A essência da ACP é transformar um conjunto de variáveis correlacionadas em um novo conjunto de variáveis ortogonais, chamadas de componentes principais, que são combinações lineares das variáveis originais¹⁰². Esses componentes principais são ordenados de acordo com a quantidade de variância explicada no conjunto de dados, permitindo a identificação das principais fontes de variação e a redução da complexidade dos dados.

No entanto, é importante considerar algumas limitações e desafios relacionados ao uso da ACP na medicina. Primeiramente, a interpretação dos componentes principais pode ser complexa e nem sempre reflete diretamente as

variáveis originais. Além disso, a ACP é uma técnica linear, o que significa que pode não ser adequada para lidar com relações não lineares entre variáveis¹⁰⁵.

Outra limitação diz respeito à diferença na disponibilidade dos dados, visto que todas as variáveis que foram desconsideradas após a ACP estavam contidas no banco de dados que se limitava ao ano de 2010. É possível que as variáveis disponíveis em apenas um ano da série analisada não tenham apresentado variação significativa ao longo do tempo ou não tenham contribuído significativamente para a estrutura de covariância das variáveis em estudo.

Além disso, a ausência de relevância das variáveis em questão após a ACP pode estar relacionada à qualidade e à representatividade dos dados disponíveis. Por exemplo, é possível que as informações coletadas para essas variáveis sejam insuficientes ou imprecisas, resultando em uma baixa contribuição para a explicação da variação da hanseníase no conjunto de dados¹⁰⁶.

Outra possibilidade é que as variáveis disponíveis em apenas um ano da série analisada sejam, de fato, menos relevantes para a compreensão da dinâmica da hanseníase em comparação com outras variáveis incluídas no estudo.

Apesar destas limitações, o desempenho das redes neurais pode ser prejudicado pela presença de um grande número de variáveis de entrada, o que aumenta a chance de ocorrerem problemas de sobreajuste e redução da capacidade de generalização do modelo¹⁰⁷, o que nos levou a utilizar o método em questão.

Esta análise considerou que variáveis de saúde (Real gasto por habitante com Atenção Primária a Saúde, Real gasto por habitante com Vigilância em

Saúde, cobertura da Estratégia Saúde da Família, cobertura de Atenção Básica, percentual da população urbana com abastecimento de água e percentual da população urbana com coleta de resíduos domiciliar), educacionais (Real gasto por habitante com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica, Índice de Desenvolvimento Humano municipal dimensão educação, taxa de analfabetismo acima dos 15 anos, Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos iniciais do Ensino Fundamental e Índice de desenvolvimento da educação básica nos anos finais do Ensino Fundamental) e de assistência social (Real gasto por habitante com o Programa Bolsa Família e cobertura do Programa Bolsa Família) explicavam mais de 80% da variância total dos dados originais, reduzindo o número de variáveis de entrada de 32 para 21.

Neste ponto, foi possível identificar uma discrepância entre os coeficientes epidemiológicos analisados. Apesar de o coeficiente de detecção geral (CDG) e o coeficiente de detecção em menores de 15 anos (CD15) se correlacionarem expressivamente com variáveis dos três segmentos (saúde, educação e assistência social), com a proporção de casos diagnosticados em grau II de deformidade (PG2D) o mesmo só aconteceu com variáveis educacionais, notadamente as taxas de analfabetismo, a partir dos 15 anos e principalmente a partir dos 25 anos.

A correlação entre o diagnóstico de deformidades da hanseníase e variáveis educacionais, como a taxa de analfabetismo, é um tema amplamente discutido na literatura científica. Estudos mostram que áreas com baixos índices educacionais e altas taxas de analfabetismo apresentam maior prevalência de casos de hanseníase, além de maiores chances de diagnóstico tardio e de desenvolvimento de deformidades físicas^{6,87}.

A falta de conhecimento sobre a doença e o acesso limitado aos serviços de saúde são apontados como os principais fatores que contribuem para essa situação. Em um estudo realizado em Bangladesh, por exemplo, verificou-se que a falta de informações sobre a hanseníase e o medo do estigma social estavam entre os principais motivos que levavam as pessoas a não procurar tratamento^{108,109}.

Diante disso, intervenções educacionais têm sido propostas como uma estratégia eficaz para prevenir e controlar a hanseníase. Estudos demonstram que programas de educação em saúde, voltados para a população em geral e para os profissionais de saúde, podem aumentar o conhecimento sobre a doença e melhorar o acesso aos serviços de saúde^{97,110}.

Além disso, a qualidade do ensino também tem sido apontada como um fator importante para a prevenção e o controle da hanseníase. Um estudo realizado no Brasil mostrou que a taxa de analfabetismo estava inversamente associada à qualidade do ensino fundamental, o que sugere que a melhoria da educação pode contribuir para a redução da incidência da doença⁸⁷. Políticas públicas que abordem as desigualdades educacionais e promovam o acesso à informação e aos serviços de saúde, combinadas com programas de educação em saúde, podem ser fundamentais para reduzir o atraso no diagnóstico, prevenir deformidades e controlar a disseminação da doença.

Após a seleção das variáveis de entrada para as redes neurais, as mesmas foram utilizadas para prever os dados de cada um dos indicadores epidemiológicos estudados por Região de Saúde do Estado. A divisão de um estado em regiões de saúde é uma estratégia importante para a organização da atenção à saúde e a gestão de políticas públicas. No contexto da hanseníase, a

análise da doença em regiões de saúde pode fornecer informações cruciais para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle mais eficazes e direcionadas.

Estudos demonstram que a hanseníase apresenta uma distribuição heterogênea, sendo influenciada por diversos fatores, como condições socioeconômicas, demográficas e ambientais^{111,112}. Através da análise de dados epidemiológicos regionais, é possível identificar que a distribuição da doença pode variar substancialmente entre diferentes regiões, refletindo as especificidades de cada contexto¹¹³.

A divisão em regiões de saúde também possibilita a identificação de populações vulneráveis e grupos de risco em cada área, auxiliando na implementação de estratégias preventivas e de controle direcionadas a esses segmentos¹¹². Além disso, a análise regional pode contribuir para a identificação de padrões espaciais e temporais da hanseníase, os quais podem variar substancialmente entre diferentes áreas.

Por outro lado, é importante destacar que a divisão em regiões de saúde pode apresentar desafios metodológicos, como a variabilidade na qualidade e na disponibilidade dos dados em cada localidade. Além disso, a definição das regiões de saúde pode ser influenciada por aspectos políticos e administrativos, o que pode resultar em áreas de análise heterogêneas¹¹³.

Apesar desses desafios, a análise da hanseníase em regiões de saúde é uma abordagem promissora para a compreensão das particularidades locais da doença e o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle mais eficazes e direcionadas. Estudos anteriores já demonstraram a aplicabilidade

dessa abordagem em diferentes contextos, como na região Amazônica¹¹⁴ e no estado de São Paulo¹¹¹.

A análise do comportamento da hanseníase em territórios menores dentro de um estado é fundamental para compreender as nuances locais da doença e desenvolver estratégias de prevenção e controle mais efetivas e direcionadas.

Ao aplicar redes neurais para analisar os dados epidemiológicos da hanseníase, nosso objetivo era identificar padrões e tendências que poderiam contribuir para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle da doença mais eficazes e direcionadas a cada região específica. Através da análise desses três indicadores – coeficiente de detecção geral, coeficiente de detecção em menores de 15 anos e proporção de diagnóstico em grau II de deformidade – em cada uma das 13 regiões, foi possível identificar áreas prioritárias para a implementação de intervenções e políticas de saúde pública.

A utilização de inteligência artificial (IA) e técnicas de aprendizado de máquina, como redes neurais, tem se mostrado cada vez mais promissora no campo da medicina, auxiliando no diagnóstico e prognóstico de diversas doenças, incluindo a hanseníase^{115,116}.

Os resultados obtidos com as redes neurais selecionadas demonstraram que a IA tem potencial para melhorar a compreensão da dinâmica da hanseníase em diferentes regiões e auxiliar na tomada de decisões informadas no gerenciamento da doença. Estudos anteriores já haviam demonstrado a aplicabilidade de redes neurais na análise de dados epidemiológicos e na previsão de tendências de doenças infecciosas, como a tuberculose¹¹⁷ e a dengue¹¹⁸.

No entanto, é essencial considerar as limitações da utilização de redes neurais e IA no contexto da hanseníase. A qualidade e a quantidade dos dados disponíveis, bem como a seleção adequada de variáveis, são fundamentais para o sucesso das projeções^{115,119}. Além disso, é importante destacar que a IA, por si só, não é suficiente para enfrentar o desafio da hanseníase, sendo necessário integrá-la a um conjunto abrangente de intervenções e políticas de saúde pública.

Após a criação, buscamos selecionar a melhor rede neural para prever cada um dos três indicadores epidemiológicos da doença em cada uma das 13 regiões de saúde. Para avaliar a performance das diferentes redes neurais, utilizamos métricas como o Erro Quadrático Médio (MSE), a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE), o Erro Médio Absoluto (MAE), o Coeficiente de Variação (CV) e o Coeficiente de Detecção (r^2).

Ao avaliar a performance das redes neurais, é importante considerar múltiplas métricas para garantir que o modelo selecionado apresente resultados consistentes e robustos. O MSE, RMSE e MAE são métricas populares utilizadas para quantificar a diferença entre os valores previstos e os valores observados¹²⁰. Essas métricas auxiliam na compreensão do desempenho dos modelos em termos de acurácia e precisão.

O CV e o r^2 são métricas adicionais que fornecem informações complementares à avaliação dos modelos. O CV é uma medida de dispersão dos erros em relação à média, permitindo a comparação de erros entre diferentes conjuntos de dados¹²¹. O r^2 é uma métrica que avalia a capacidade do modelo em detectar variações nos dados, sendo importante para a análise de tendências temporais e espaciais na hanseníase¹²². A seleção do modelo mais adequado é

crucial para garantir a eficácia das intervenções de saúde pública e a alocação adequada de recursos no controle e prevenção da hanseníase.

Com os modelos selecionados por região de saúde, pudemos analisar os pesos sinápticos de cada variável estudada. Os pesos sinápticos são valores numéricos que representam a força das conexões entre os neurônios em uma rede neural¹²³. Esses pesos são ajustados durante o processo de treinamento do modelo, permitindo que a rede neural aprenda padrões nos dados e estabeleça relações entre as variáveis de entrada e a variável de interesse.

Ao analisar o valor ponderado dos pesos sinápticos das variáveis, podemos obter insights sobre a importância relativa de cada variável na previsão dos indicadores epidemiológicos considerados. Variáveis com pesos sinápticos maiores (em valor absoluto) são consideradas mais relevantes para a previsão do modelo, enquanto variáveis com pesos menores têm menor impacto¹²⁴. Usar o valor positivo dos pesos sinápticos para fins de comparação nos permite estabelecer um ranking das variáveis de acordo com sua contribuição para o modelo e identificar as variáveis mais significativas no fenômeno analisado.

Além dos pesos sinápticos associados às variáveis de entrada, as redes neurais também incluem um termo conhecido como *input bias*. O *input bias* é um valor constante que é adicionado à soma ponderada das entradas e seus respectivos pesos sinápticos antes da aplicação da função de ativação nos neurônios¹²⁵. Este termo tem a função de ajustar o limiar de ativação dos neurônios, permitindo que o modelo se adapte melhor aos dados e capture a variabilidade presente no fenômeno analisado.

A importância do *input bias* na determinação da significância das variáveis no fenômeno analisado reside no fato de que ele atua como um parâmetro

adicional na otimização do modelo. O ajuste do *input bias* pode melhorar o desempenho da rede neural, permitindo que o modelo faça previsões mais precisas, mesmo que algumas variáveis de entrada não sejam altamente significativas¹²³. Nesse sentido, a inclusão do *input bias* contribui para a robustez e flexibilidade do modelo de rede neural no estudo da hanseníase.

Em nossa pesquisa, propusemos a utilização do peso sináptico do *input bias* como medida para separação daquelas variáveis de maior relevância no comportamento da hanseníase no Estado do Pará. Dentre estas variáveis selecionadas, estão seis Regiões de Saúde: Marajó I, Tapajós, Carajás, Xingu, Lago do Tucuruí e Caetés, em ordem de importância baseado nas somas dos valores ponderados, sendo o Marajó I expressivamente maior que os demais.

Um dos principais fatores de risco identificados na região do Marajó é a pobreza. A população local enfrenta condições socioeconômicas desfavoráveis, com baixos níveis de renda, educação e acesso a serviços de saúde^{126,127}. A pobreza tem sido associada a um maior risco de infecção e progressão da hanseníase, uma vez que afeta negativamente a imunidade dos indivíduos e aumenta a exposição a condições insalubres¹²⁸.

A falta de saneamento básico e a precariedade das moradias em algumas comunidades da região também podem contribuir para a disseminação da bactéria *M. leprae*, causadora da hanseníase^{129,130}. Em nosso estudo, inclusive, a variável “percentual da população urbana com abastecimento de água” também foi considerada relevante após a análise dos pesos sinápticos.

A falta de acesso à água potável pode contribuir para a disseminação da hanseníase de várias maneiras. Primeiramente, a falta de água potável pode

afetar a higiene pessoal e ambiental, aumentando assim a probabilidade de exposição ao *M. leprae*¹³¹.

Outro aspecto importante é que a falta de acesso à água potável está frequentemente associada a condições socioeconômicas desfavoráveis, como pobreza, baixos níveis de educação e moradias precárias. Esses fatores, por sua vez, estão relacionados a um maior risco de infecção e progressão da hanseníase. Além disso, a desidratação crônica pode comprometer a função renal e hepática^{132,133}, o que pode levar a um aumento na toxicidade dos medicamentos usados no tratamento da hanseníase e, assim, afetar a eficácia do tratamento.

Outro fator de risco relevante é a limitada detecção e tratamento precoce da hanseníase na região do Marajó. A falta de recursos e infraestrutura de saúde, bem como a escassez de profissionais capacitados, podem dificultar o diagnóstico e o acompanhamento adequado dos pacientes¹³⁴. A detecção tardia da doença aumenta o risco de complicações e sequelas, além de contribuir para a continuidade da transmissão da doença na comunidade¹³⁵.

Já as regiões do Tapajós, Xingu e Carajás, além de também contarem com os problemas relacionados ao acesso aos serviços de saúde, são regiões que contem áreas de garimpo, o que pode estar relacionado a precariedade das condições de vida e trabalho nestas localidades. Os garimpeiros geralmente vivem em condições insalubres, com acesso limitado a água potável, saneamento básico e cuidados de saúde adequados¹³⁶⁻¹³⁸.

Também, a transmissão da hanseníase é favorecida pelo contato íntimo e prolongado com indivíduos infectados. As condições de vida e trabalho nas

áreas de garimpo, muitas vezes envolvendo a aglomeração de pessoas em espaços reduzidos, podem aumentar o risco de transmissão da doença¹³⁶.

Em relação à Região do Lago de Tucuruí, nela está sediada a Hidroelétrica de Tucuruí. Um dos principais fatores de risco associados à hanseníase nestas regiões é a migração e mobilidade populacional, frequentemente relacionada à construção de hidroelétricas e barragens^{139,140}.

A migração de trabalhadores de áreas endêmicas para áreas não endêmicas pode aumentar a disseminação da doença e a diversidade genética das populações de *M. leprae*¹⁴¹. Além disso, o deslocamento populacional pode levar à superlotação e à precariedade de condições de vida e trabalho, facilitando a transmissão da hanseníase^{140,142}.

Juntamente com as variáveis já citadas, outras relacionadas a educação também se mostraram relevantes: o índice de desenvolvimento da atenção básica (IDEB) nos anos finais do ensino fundamental e a taxa de analfabetismo em maiores de 15 anos. Estudos anteriores já sugeriram uma associação entre taxas mais altas de analfabetismo e maior prevalência de hanseníase¹⁰¹.

O analfabetismo pode afetar o conhecimento sobre a doença e as medidas de prevenção, resultando em maior risco de exposição e infecção pelo *M. leprae*^{143,144}. Além disso, indivíduos com baixa escolaridade podem enfrentar dificuldades no acesso aos serviços de saúde e na adesão ao tratamento, o que pode contribuir para a disseminação da doença e o desenvolvimento de complicações e sequelas^{143,145}.

Quanto ao IDEB nos anos finais do ensino fundamental, ele é um importante indicador do desempenho educacional e pode refletir o acesso e a qualidade da educação básica¹⁴⁶. Um IDEB baixo pode indicar deficiências no ensino e

aprendizagem, que, por sua vez, podem estar associadas a um maior risco de hanseníase. Por exemplo, a falta de conhecimento sobre a doença em estudantes e professores pode levar a estigmas e discriminação, o que pode resultar em diagnósticos tardios e transmissão contínua da doença¹⁴⁷.

Embora as variáveis de saúde, como acesso aos serviços de saúde e qualidade do atendimento, sejam essenciais para o controle da hanseníase, nossa análise sugere que variáveis de assistência social e educação podem ser mais relevantes no contexto dessa doença, já que nenhuma métrica relacionada a saúde foi considerada significativa nesta etapa do estudo. Isso pode ocorrer porque a hanseníase é uma doença fortemente influenciada por fatores socioeconômicos, como pobreza, analfabetismo e condições precárias de moradia, que estão intimamente relacionados à assistência social e educação¹³³.

A assistência social é um componente crucial no enfrentamento da hanseníase, uma vez que pode melhorar as condições de vida e reduzir a vulnerabilidade socioeconômica das populações afetadas. Programas de assistência social, como transferências de renda e apoio à habitação, podem ajudar a reduzir a exposição ao *M. leprae* e, assim, diminuir o risco de infecção e transmissão da doença^{148,149}.

Outro ponto de atenção é de que das quatro variáveis financeiras estudadas neste projeto, apenas a que diz respeito ao gasto por habitante com o Programa Bolsa Família foi considerada relevante. Um aspecto fundamental na análise das políticas públicas de saúde e educação é a efetividade dos gastos governamentais e a qualidade dos serviços prestados à população. Muitas vezes, o aumento nos investimentos nessas áreas não se traduz em melhoria na qualidade da assistência médica ou na educação oferecida^{150,151}.

De acordo com a literatura, há diversos fatores que contribuem para essa desconexão entre investimentos e qualidade. Primeiramente, a má gestão dos recursos financeiros e a falta de transparência nos gastos públicos podem prejudicar a eficácia das políticas implementadas¹⁵². Além disso, as disparidades regionais no Brasil¹⁵³ e dentro do Pará e a falta de equidade no acesso à saúde e à educação agravam o problema.

O monitoramento e a avaliação das políticas públicas são fundamentais para garantir que os investimentos em saúde e educação sejam revertidos em qualidade. Neste sentido, é crucial que os governos adotem práticas de gestão eficientes e transparentes, bem como mecanismos de acompanhamento e avaliação dos programas e ações implementados.

Como dito, dentre as variáveis monetárias apenas o gasto com o Programa Bolsa Família (PBF) foi considerado relevante nesta etapa, portanto, criamos projeções para entender o impacto da ampliação deste benefício nos indicadores epidemiológicos estudados. A projeção foi realizada até o ano de 2030 considerando a Estratégia Global de Hanseníase 2021–2030 “Rumo à zero hanseníase”, que se baseia em quatro pilares para a busca da erradicação da doença, que são: i) implementar roteiro zero hanseníase próprio do país, em todos os países endêmicos; (ii) ampliar a prevenção da hanseníase juntamente com a detecção ativa integrada de casos; (iii) tratar a hanseníase e suas complicações e prevenir novas incapacidades; e (iv) combater o estigma e garantir que os direitos humanos sejam respeitados¹⁵⁴.

Conforme explicitado, um investimento de cerca de R\$ 5.064.030.661,98, em valores atuais, ou cerca de R\$ 436,99 mensais para cada uma das 965.697 famílias paraenses beneficiárias do PBF em 2020 levaria a um CDG estimado,

para o Pará, de 9,54 casos/100mil habitantes, ou seja, deixaria de ser um Estado hiperendêmico para um parâmetro endêmico “médio”.

O programa Bolsa Família é uma das principais políticas públicas de transferência de renda no Brasil, tendo como objetivo principal reduzir a pobreza e a desigualdade social. Estudos recentes têm demonstrado que o programa tem tido um impacto positivo na saúde da população, incluindo a redução da mortalidade infantil e o aumento do acesso aos serviços de saúde^{53,54}.

No que se refere à hanseníase, alguns estudos têm avaliado o impacto do Bolsa Família nos indicadores epidemiológicos da doença. Um estudo realizado por Pescarini et al. (2020)¹⁵⁵ avaliou o impacto do Bolsa Família na redução da incidência da hanseníase em municípios brasileiros, entre 2007 e 2014. Os resultados mostraram que o PBF estava associado a uma redução na incidência da hanseníase, principalmente em municípios hiperendêmicos.

É importante ressaltar que o investimento apenas nesta política não garante o sucesso da estratégia contra a hanseníase, por ser uma doença complexa. Também é importante reforçar que além das limitações já citadas, há em certo grau o comprometimento dos resultados por serem baseados em base de dados secundárias, além de utilizar projeções populacionais baseadas no último censo demográfico de 2010.

Porém, os resultados demonstram que a incorporação de abordagens inovadoras e adaptativas, aliada à mobilização de recursos e ao comprometimento dos gestores e profissionais de saúde, é fundamental para garantir a eliminação da hanseníase no Pará, em consonância com os objetivos nacionais e globais de saúde pública.

7. CONCLUSÃO

- Foi possível identificar uma correlação direta entre os investimentos federais nas áreas de saúde, educação e assistência social com o declínio dos indicadores epidemiológicos da hanseníase no Estado do Pará, entre 2001 e 2020;
- As Regiões de Saúde do Marajó I, Carajás, Tapajós, Xingu e Lago do Tucuruí podem ser consideradas prioritárias para o combate da hanseníase;
- Dentre as variáveis estudadas, as que mais impactam os indicadores epidemiológicos da hanseníase foram: gasto per capita com o Programa Bolsa Família, percentual da população urbana com acesso a água, Índice de Desenvolvimento da Educação Básica nos anos finais do Ensino Fundamental e a taxa de analfabetismo acima dos 15 anos de idade;
- Cenários de aumento do investimento no valor per capita com o Programa Bolsa Família projetaram a diminuição dos indicadores epidemiológicos estudados, sendo que um investimento de R\$ 436,99 mensais, em valores atuais, para cada uma das 965.697 famílias paraenses beneficiárias do PBF em 2020 levaria a um coeficiente de detecção geral estimado para o Pará de 9,54 casos/100mil habitantes, considerado médio.

8. REFERÊNCIAS

1. de Matos HJ, Blok DJ, de Vlas SJ, et al. Leprosy New Case Detection Trends and the Future Effect of Preventive Interventions in Pará State, Brazil: A Modelling Study. *PLoS Negl Trop Dis* 2016;10(3):e0004507; doi: 10.1371/journal.pntd.0004507.
2. de Oliveira GL, Oliveira JF, Pescarini JM, et al. Estimating underreporting of leprosy in Brazil using a Bayesian approach. *PLoS Negl Trop Dis* 2021;15(8):e0009700; doi: 10.1371/journal.pntd.0009700.
3. Ribeiro MD, Silva JC, Oliveira S. Estudo epidemiológico da hanseníase no Brasil: reflexão sobre as metas de eliminação. *Revista Panamericana de Salud Pública* 2018;1–7; doi: 10.26633/RPSP.2018.42.
4. Rouquayrol MZ, Gurgel M. *Epidemiologia e Saúde*. 8th ed. MedBook; 2017.
5. Pignatti MG. Saúde e ambiente: as doenças emergentes no Brasil. *Ambiente & Sociedade* 2004;7(1):133–147; doi: 10.1590/S1414-753X2004000100008.
6. Monteiro LD, Mota RMS, Martins-Melo FR, et al. Social determinants of leprosy in a hyperendemic State in North Brazil. *Rev Saude Publica* 2017;51(0); doi: 10.1590/s1518-8787.2017051006655.
7. Oliveira Ascef B, de Oliveira GLA, Ribeiro Filha Coriolano C, et al. Forecasting models for leprosy cases: a scoping review protocol. *BMJ Open* 2022;12(7):e062828; doi: 10.1136/bmjopen-2022-062828.
8. Ramos ACV, Martoreli Júnior JF, Berra TZ, et al. Evolução temporal e distribuição espacial da hanseníase em município de baixa endemicidade no estado de São Paulo. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 2022;31(1); doi: 10.1590/s1679-49742022000100018.
9. Ramos ACV, Gomes D, Santos Neto M, et al. Trends and forecasts of leprosy for a hyperendemic city from Brazil's northeast: Evidence from an eleven-year time-series analysis. *PLoS One* 2020;15(8):e0237165; doi: 10.1371/journal.pone.0237165.
10. Stephen S, Argwings O, Julius K. Application of ARIMA, hybrid ARIMA and Artificial Neural Network Models in predicting and forecasting tuberculosis incidences among children in Homa Bay and Turkana Counties, Kenya. *medRxiv* 2022;2022.07.07.22277378; doi: 10.1101/2022.07.07.22277378.

11. Nyoni S, Nyoni T. Predicting TB Incidence in Zimbabwe: Artificial Neural Networks Reveals TB Program Success? *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology* 2021;5(3):380–384.
12. Braga M de B, Fernandes R da S, Souza GN de, et al. Artificial neural networks for short-term forecasting of cases, deaths, and hospital beds occupancy in the COVID-19 pandemic at the Brazilian Amazon. *PLoS One* 2021;16(3):e0248161; doi: 10.1371/journal.pone.0248161.
13. World Health Organization. Global leprosy (Hansen disease) update, 2021: moving towards interruption of transmission. *Weekly epidemiological record* 2022;36(97):429–450.
14. Sarode G, Sarode S, Anand R, et al. Epidemiological aspects of leprosy. *Disease-a-Month* 2020;66(7):100899; doi: 10.1016/j.disamonth.2019.100899.
15. Browne SG. *Leprosy in the Bible*. 3rd ed. Christian Medical Fellowship; 1970.
16. Bennett BH, Parker DL, Robson M. Leprosy: Steps Along the Journey of Eradication. *Public Health Reports* 2008;123(2):198–205; doi: 10.1177/003335490812300212.
17. Eidt LM. Breve história da hanseníase: sua expansão do mundo para as Américas, o Brasil e o Rio Grande do Sul e sua trajetória na saúde pública brasileira. *Saúde e Sociedade* 2004;13(2):76–88; doi: 10.1590/S0104-12902004000200008.
18. Mohanty PS, Bansal AK, Naaz F, et al. Multiple strain infection of *Mycobacterium leprae* in a family having 4 patients: A study employing short tandem repeats. *PLoS One* 2019;14(4):e0214051; doi: 10.1371/journal.pone.0214051.
19. Gama RS, Gomides TAR, Gama CFM, et al. High frequency of *M. leprae* DNA detection in asymptomatic household contacts. *BMC Infect Dis* 2018;18(1):153; doi: 10.1186/s12879-018-3056-2.
20. Blake LA, West BC, Lary CH, et al. Environmental nonhuman sources of leprosy. *Rev Infect Dis* 1987;9(3):562–77; doi: 10.1093/clinids/9.3.562.
21. Mohanty PS, Naaz F, Katara D, et al. Viability of *Mycobacterium leprae* in the environment and its role in leprosy dissemination. *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 2016;82(1):23–7; doi: 10.4103/0378-6323.168935.
22. Kazda J, Irgens LM, Müller K. Isolation of non-cultivable acid-fast bacilli in sphagnum and moss vegetation by foot pad technique in mice. *Int J Lepr Other Mycobact Dis* 1980;48(1):1–6.
23. Alemu Belachew W, Naafs B. Position statement: LEPROSY: Diagnosis, treatment and follow-up. *Journal of the European Academy of*

- Dermatology and Venereology 2019;33(7):1205–1213; doi: 10.1111/jdv.15569.
24. World Health Organization. Guidelines for the Diagnosis, Treatment and Prevention of Leprosy. World Health Organization. Regional Office for South-East Asia; 2018.
 25. Brasil, Ministério da Saúde. Guia Prático Sobre a Hanseníase. Ministério da Saúde; 2017.
 26. Brasil, Ministério da Saúde. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas Da Hanseníase. 2022.
 27. Brasil, Ministério da Saúde. Diretrizes Para Vigilância, Atenção e Eliminação Da Hanseníase Como Problema de Saúde Pública: Manual Técnico-Operacional. 2016.
 28. World Health Organization. Estratégia Global de Hanseníase 2021–2030 – “Rumo à Zero Hanseníase.” World Health Organization. Regional Office for South-East Asia; 2020.
 29. Oliveira KS de, Souza J de, Campos RB, et al. Avaliação dos indicadores epidemiológicos e operacionais para a hanseníase em municípios prioritários no estado do Paraná, 2001 a 2010. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 2015;24(3):507–516; doi: 10.5123/S1679-49742015000300016.
 30. Pescarini JM, Strina A, Nery JS, et al. Socioeconomic risk markers of leprosy in high-burden countries: A systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis* 2018;12(7):e0006622; doi: 10.1371/journal.pntd.0006622.
 31. Cavalcante MDMA, Larocca LM, Chaves MMN. Múltiplas dimensões da gestão do cuidado à hanseníase e os desafios para a eliminação. *Revista da Escola de Enfermagem da USP* 2020;54; doi: 10.1590/s1980-220x2019010703649.
 32. Chaptini C, Marshman G. Leprosy: a review on elimination, reducing the disease burden, and future research. *Lepr Rev* 2015;86(4):307–315; doi: 10.47276/lr.86.4.307.
 33. Simionato de Assis I, Arcoverde MAM, Ramos ACV, et al. Social determinants, their relationship with leprosy risk and temporal trends in a tri-border region in Latin America. *PLoS Negl Trop Dis* 2018;12(4):e0006407; doi: 10.1371/journal.pntd.0006407.
 34. Santana EMF de, Brito KKG de, Antas EMV, et al. Factors associated with the development of physical disabilities in Hansen’s disease. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 2018;60(0); doi: 10.1590/s1678-9946201860027.

35. Souza CDF de, Magalhães MAFM, Luna CF. Hanseníase e carência social: definição de áreas prioritárias em estado endêmico do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 2020;23; doi: 10.1590/1980-549720200007.
36. Tasca R, Massuda A, Carvalho WM, et al. Recommendations to strengthen primary health care in Brazil. *Rev Panam Salud Publica* 2020;44:e4; doi: 10.26633/RPSP.2020.4.
37. Sarti TD, Lazarini WS, Fontenelle LF, et al. Qual o papel da Atenção Primária à Saúde diante da pandemia provocada pela COVID-19? *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 2020;29(0); doi: 10.5123/S1679-49742020000200024.
38. Machado KB. A Atenção Primária a Saúde (APS) Nos Governos Temer e Bolsonaro (2016-2021): Um Olhar Para a Estratégia Saúde Da Família (ESF). Universidade Federal do Tocantins: Miracema do Tocantins; 2021.
39. Crozatti J, Ferreira de Lima Junior A, Nascimento Lima L, et al. O gasto e as fontes do financiamento do SUS nos municípios brasileiros de 2003 a 2018. *REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - ISSN 2176-9036* 2020;12(2):200–218; doi: 10.21680/2176-9036.2020v12n2ID18708.
40. de Oliveira Costa Cavalcante L, Cláudio Farias Maciel J, Santos de Almeida R, et al. A saúde pública no Brasil: Uma análise acerca das ameaças sofridas pelo sistema único de saúde em face do direito constitucional. *REVISTA INTERDISCIPLINAR E DO MEIO AMBIENTE (RIMA)* 2021;3(1):e99; doi: 10.52664/rima.v3.n1.2021.e99.
41. Pedrosa K de A, Sena DB de C, Pinto JR, et al. Necessidade de reconfiguração do financiamento do SUS diante da austeridade: uma revisão narrativa. *Research, Society and Development* 2022;11(5):e8711527785; doi: 10.33448/rsd-v11i5.27785.
42. Servo LMS, Santos MAB dos, Vieira FS, et al. Financiamento do SUS e Covid-19: histórico, participações federativas e respostas à pandemia. *Saúde em Debate* 2020;44(spe4):114–129; doi: 10.1590/0103-11042020e407.
43. Dias ER, ALVES DE OLIVEIRA O. FUNDEF e repasses tardios aos municípios decorrentes de decisão judicial. A questão da vinculação constitucional. *Revista da AJURIS, Porto Alegre* 2019;46(146):119–152.
44. Leite MIP de A. Impactos Do FUNDEF: Estudo de Caso Da Rede Municipal de Educação de Vitória Da Conquista. Universidade Federal da Bahia: Salvador; 2019.
45. Braga DS, Silva DCA da. Repercussões do FUNDEB em Municípios Mineiros: aportes para a discussão sobre um FUNDEB permanente.

- FINEDUCA – Revista de Financiamento da Educação 2019;9; doi: 10.22491/fineduca-2236-5907-v9-88585.
46. Farenzena N. Capacidades de Financiamento Da Educação Básica No Fundeb: Uma Costura. In: Financiamento Da Educação No Brasil: Os Desafios de Gastar 10% Do PIB Em Dez Anos. (Gouveia AB, Pinto JM de R, Fernandes MDE. eds) Editora Oeste: Campo Grande; 2015; pp. 83–107.
 47. Gluz MP. O Novo Fundeb É uma Vitória? Análise das disputas políticas pelo projeto do Novo Fundeb. FINEDUCA – Revista de Financiamento da Educação 2021; doi: 10.22491/2236-5907110856.
 48. Soares DJM, Soares TEA, dos Santos W. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb): Revisão Sistemática da Literatura. Revista Meta: Avaliação 2020;12(37):912; doi: 10.22347/2175-2753v12i37.2773.
 49. Vasconcelos CRD, Leal IOJ, Araújo JAQ de C. Nexos entre gestão, avaliação e o índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB) em escolas públicas. Revista on line de Política e Gestão Educacional 2020;24(1):55–70; doi: 10.22633/rpge.v24i1.12865.
 50. Andrews CW, Vries MS de. Pobreza e municipalização da educação: análise dos resultados do IDEB (2005-2009). Cadernos de Pesquisa 2012;42(147):826–847; doi: 10.1590/S0100-15742012000300010.
 51. Santos MCS, Delatorre LR, Ceccato M das GB, et al. Programa Bolsa Família e indicadores educacionais em crianças, adolescentes e escolas no Brasil: revisão sistemática. Cien Saude Colet 2019;24(6):2233–2247; doi: 10.1590/1413-81232018246.19582017.
 52. Souza PHGF de, Osório RG, Paiva LH, et al. Os Efeitos Do Programa Bolsa Família Sobre a Pobreza e a Desigualdade: Um Balanço Dos Primeiros 15 Anos. In: Bolsa Família 15 Anos (2003-2018). (Silva TF. ed) Enap: Brasília; 2018; pp. 155–190.
 53. Shei A. Brazil's Conditional Cash Transfer Program Associated With Declines In Infant Mortality Rates. Health Aff 2013;32(7):1274–1281; doi: 10.1377/hlthaff.2012.0827.
 54. Silva ES de A da, Paes NA. Programa Bolsa Família e a redução da mortalidade infantil nos municípios do Semiárido brasileiro. Cien Saude Colet 2019;24(2):623–630; doi: 10.1590/1413-81232018242.04782017.
 55. Steimann F. On the use and usefulness of fuzzy sets in medical AI. Artif Intell Med 2001;21(1–3):131–137; doi: 10.1016/S0933-3657(00)00077-4.
 56. de Souza MLM, Lopes GA, Branco AC, et al. Leprosy Screening Based on Artificial Intelligence: Development of a Cross-Platform App. JMIR Mhealth Uhealth 2021;9(4):e23718; doi: 10.2196/23718.

57. Choi RY, Coyner AS, Kalpathy-Cramer J, et al. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning. *Transl Vis Sci Technol* 2020;9(2):14.
58. McCulloch WS, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bull Math Biophys* 1943;5(4):115–133; doi: 10.1007/BF02478259.
59. Haykin S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Macmillan Coll Div; 1994.
60. Ramesh A, Kambhampati C, Monson J, et al. Artificial intelligence in medicine. *Ann R Coll Surg Engl* 2004;86(5):334–338; doi: 10.1308/147870804290.
61. Werbos PJ. *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*. Harvard University; 1975.
62. Haykin S. *Adaptive Filter Theory*. 5th ed. Pearson; 2013.
63. Dande P, Samant P. Acquaintance to Artificial Neural Networks and use of artificial intelligence as a diagnostic tool for tuberculosis: A review. *Tuberculosis* 2018;108:1–9; doi: 10.1016/j.tube.2017.09.006.
64. Currie G, Hawk KE, Rohren E, et al. Machine Learning and Deep Learning in Medical Imaging: Intelligent Imaging. *J Med Imaging Radiat Sci* 2019;50(4):477–487; doi: 10.1016/j.jmir.2019.09.005.
65. Tran KA, Kondrashova O, Bradley A, et al. Deep learning in cancer diagnosis, prognosis and treatment selection. *Genome Med* 2021;13(1):152; doi: 10.1186/s13073-021-00968-x.
66. Mao W-B, Lyu J-Y, Vaishnani DK, et al. Application of artificial neural networks in detection and diagnosis of gastrointestinal and liver tumors. *World J Clin Cases* 2020;8(18):3971–3977; doi: 10.12998/wjcc.v8.i18.3971.
67. McDonnell JM, Evans SR, McCarthy L, et al. The diagnostic and prognostic value of artificial intelligence and artificial neural networks in spinal surgery. *Bone Joint J* 2021;103-B(9):1442–1448; doi: 10.1302/0301-620X.103B9.BJJ-2021-0192.R1.
68. Bre F, Gimenez JM, Fachinotti VD. Prediction of wind pressure coefficients on building surfaces using artificial neural networks. *Energy Build* 2018;158:1429–1441; doi: 10.1016/j.enbuild.2017.11.045.
69. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Prévia Da População Dos Municípios Com Base Nos Dados Do Censo Demográfico 2022*. 2022.

70. Corseuil CH, Foguel M. Uma Sugestão de Deflatores Para Rendas Obtidas a Partir de Algumas Pesquisas Domiciliares Do IBGE. Rio de Janeiro; 2002.
71. Kaiser HF. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 1958;23(3):187–200; doi: 10.1007/BF02289233.
72. Zou T, Yoshino K. Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. *Ecol Indic* 2017;78:405–415; doi: 10.1016/j.ecolind.2017.03.039.
73. Stevens JP. *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*. Routledge; 2012.
74. Silva IN da, Spatti DH, Flauzino RA. *Redes Neurais Artificiais Para Engenharia e Ciências Aplicadas*. Artliber Editora: São Paulo; 2010.
75. TIBCO Software Inc. *TIBCO Statistica™ Trial Download for Windows*. 2018.
76. Zeng Q, Huang H, Pei X, et al. Modeling nonlinear relationship between crash frequency by severity and contributing factors by neural networks. *Anal Methods Accid Res* 2016;10:12–25; doi: 10.1016/j.amar.2016.03.002.
77. Wen H, Zhang X, Zeng Q, et al. Bayesian spatial-temporal model for the main and interaction effects of roadway and weather characteristics on freeway crash incidence. *Accid Anal Prev* 2019;132:105249; doi: 10.1016/j.aap.2019.07.025.
78. Chowell G. Fitting dynamic models to epidemic outbreaks with quantified uncertainty: A primer for parameter uncertainty, identifiability, and forecasts. *Infect Dis Model* 2017;2(3):379–398; doi: 10.1016/j.idm.2017.08.001.
79. Tavares Júnior I da S, Torres CMME, Leite HG, et al. Machine learning: Modeling increment in diameter of individual trees on Atlantic Forest fragments. *Ecol Indic* 2020;117:106685; doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106685.
80. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Projeções Da População | IBGE*. n.d. Available from: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html> [Last accessed: 5/2/2023].
81. Brasil, Ministério da Saúde. *Guia de Vigilância Em Saúde*. 5th ed. Ministério da Saúde: Brasília; 2021.
82. Pires CAA, Chaves EC, Salmen CF, et al. Análise do perfil clínico-epidemiológico da hanseníase no Pará e avaliação dos indicadores de

- saúde. *Revista Eletrônica Acervo Saúde* 2019;(27):e899; doi: 10.25248/reas.e899.2019.
83. de Matos HJ, Blok DJ, de Vlas SJ, et al. Leprosy New Case Detection Trends and the Future Effect of Preventive Interventions in Pará State, Brazil: A Modelling Study. *PLoS Negl Trop Dis* 2016;10(3); doi: 10.1371/JOURNAL.PNTD.0004507.
 84. Freitas LRS de, Duarte EC, Garcia LP. Análise da situação epidemiológica da hanseníase em uma área endêmica no Brasil: distribuição espacial dos períodos 2001 - 2003 e 2010 - 2012. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 2017;20(4):702–713; doi: 10.1590/1980-5497201700040012.
 85. Neto BFV, Silva ER da, Geha YF, et al. Leprosy in the State of Pará: spatial and temporal patterns made visible by the analysis of epidemiological indicators from 2004 to 2018. *Research, Society and Development* 2021;10(11):e245101119699–e245101119699; doi: 10.33448/RSD-V10I11.19699.
 86. Brasil, Ministério da Saúde. *Guia Para o Controle Da Hanseníase*. Ministério da Saúde: Brasília; 2002.
 87. Silva CLM, Fonseca SC, Kawa H, et al. Spatial distribution of leprosy in Brazil: a literature review. *Rev Soc Bras Med Trop* 2017;50(4):439–449; doi: 10.1590/0037-8682-0170-2016.
 88. Nobre ML, Illarramendi X, Dupnik KM, et al. Multibacillary leprosy by population groups in Brazil: Lessons from an observational study. *PLoS Negl Trop Dis* 2017;11(2); doi: 10.1371/JOURNAL.PNTD.0005364.
 89. Barreto JG, Bisanzio D, Frade MAC, et al. Spatial epidemiology and serologic cohorts increase the early detection of leprosy. *BMC Infect Dis* 2015;15(1):1–9; doi: 10.1186/S12879-015-1254-8/FIGURES/3.
 90. Kerr-Pontes LRS, Barreto ML, Evangelista CMN, et al. Socioeconomic, environmental, and behavioural risk factors for leprosy in North-east Brazil: Results of a case-control study. *Int J Epidemiol* 2006;35(4):994–1000; doi: 10.1093/IJE/DYL072.
 91. Emerson LE, Anantharam P, Yehuala FM, et al. Poor WASH (Water, Sanitation, and Hygiene) Conditions Are Associated with Leprosy in North Gondar, Ethiopia. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(17):1–10; doi: 10.3390/IJERPH17176061.
 92. Lockwood DN, Saunderson PR. Nerve damage in leprosy: a continuing challenge to scientists, clinicians and service providers. *Int Health* 2012;4(2):77–85; doi: 10.1016/j.inhe.2011.09.006.

93. Smith CS, Noordeen SK, Richardus JH, et al. A strategy to halt leprosy transmission. *Lancet Infect Dis* 2014;14(2):96–98; doi: 10.1016/S1473-3099(13)70365-7.
94. Peters RMH, Dadun, Zweekhorst MBM, et al. A Cluster-Randomized Controlled Intervention Study to Assess the Effect of a Contact Intervention in Reducing Leprosy-Related Stigma in Indonesia. *PLoS Negl Trop Dis* 2015;9(10):e0004003; doi: 10.1371/journal.pntd.0004003.
95. Raposo MT, Nemes MIB. Assessment of integration of the leprosy program into primary health care in Aracaju, state of Sergipe, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2012;45(2):203–208; doi: 10.1590/S0037-86822012000200013.
96. Nery JS, Pereira SM, Rasella D, et al. Effect of the Brazilian Conditional Cash Transfer and Primary Health Care Programs on the New Case Detection Rate of Leprosy. *PLoS Negl Trop Dis* 2014;8(11):e3357; doi: 10.1371/journal.pntd.0003357.
97. Nery JS, Ramond A, Pescarini JM, et al. Socioeconomic determinants of leprosy new case detection in the 100 Million Brazilian Cohort: a population-based linkage study. *Lancet Glob Health* 2019;7(9):e1226–e1236; doi: 10.1016/S2214-109X(19)30260-8.
98. Mira MT. Genetic host resistance and susceptibility to leprosy. *Microbes Infect* 2006;8(4):1124–1131; doi: 10.1016/J.MICINF.2005.10.024.
99. Scollard DM, Adams LB, Gillis TP, et al. The Continuing Challenges of Leprosy. *Clin Microbiol Rev* 2006;19(2):338–381; doi: 10.1128/CMR.19.2.338-381.2006.
100. Rodrigues LC, Lockwood DNJ. Leprosy now: epidemiology, progress, challenges, and research gaps. *Lancet Infect Dis* 2011;11(6):464–470; doi: 10.1016/S1473-3099(11)70006-8.
101. Kerr-Pontes LRS, Barreto ML, Evangelista CMN, et al. Socioeconomic, environmental, and behavioural risk factors for leprosy in North-east Brazil: results of a case–control study. *Int J Epidemiol* 2006;35(4):994–1000; doi: 10.1093/IJE/DYL072.
102. Mardia KV, Kent JT, Bibby JM. *Multivariate analysis. Probability and mathematical statistics* 1979.
103. Jolliffe IT, Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 2016;374(2065):20150202; doi: 10.1098/rsta.2015.0202.
104. Queiroz EA, Medeiros NI, Mattos RT, et al. CCL2 and IFN- γ serum levels as biomarkers for subclinical infection in household contacts of leprosy

- patients. *Microb Pathog* 2021;150:104725; doi: 10.1016/j.micpath.2020.104725.
105. Jackson DA. Stopping Rules in Principal Components Analysis: A Comparison of Heuristical and Statistical Approaches. *Ecology* 1993;74(8):2204–2214; doi: 10.2307/1939574.
 106. Hair JF, Black WC, Babin BJ, et al. *Multivariate Data Analysis Seventh (7th) Edition*. 2014.
 107. Hawkins DM. The Problem of Overfitting. *J Chem Inf Comput Sci* 2004;44(1):1–12; doi: 10.1021/ci0342472.
 108. Henry M, GalAn N, Teasdale K, et al. Factors Contributing to the Delay in Diagnosis and Continued Transmission of Leprosy in Brazil – An Explorative, Quantitative, Questionnaire Based Study. *PLoS Negl Trop Dis* 2016;10(3):e0004542; doi: 10.1371/journal.pntd.0004542.
 109. Urgesa K, Bobosha K, Seyoum B, et al. Knowledge of and Attitude Toward Leprosy in a Leprosy Endemic District, Eastern Ethiopia: A Community-Based Study. *Risk Manag Healthc Policy* 2020;13:1069–1077; doi: 10.2147/RMHP.S254625.
 110. Martos-Casado G, Vives-Cases C, Gil-González D. Scoping review: Community-based programmes with people affected by leprosy. *Tropical Medicine & International Health* 2020;25(2):144–158; doi: 10.1111/tmi.13345.
 111. Ramos ACV, Yamamura M, Arroyo LH, et al. Spatial clustering and local risk of leprosy in São Paulo, Brazil. *PLoS Negl Trop Dis* 2017;11(2):e0005381; doi: 10.1371/journal.pntd.0005381.
 112. Nobre ML, Illarramendi X, Dupnik KM, et al. Multibacillary leprosy by population groups in Brazil: Lessons from an observational study. *PLoS Negl Trop Dis* 2017;11(2):e0005364; doi: 10.1371/journal.pntd.0005364.
 113. Ferreira SMB, Ignotti E, Gamba MA. Fatores associados à recidiva em hanseníase em Mato Grosso. *Rev Saude Publica* 2011;45:756–764.
 114. Penna MLF, Wand-del-Rey de Oliveira ML, Penna G. Spatial Distribution of Leprosy in the Amazon Region of Brazil. *Emerg Infect Dis* 2009;15(4):650–652; doi: 10.3201/eid1504.081378.
 115. Gama RS, Souza MLM de, Sarno EN, et al. A novel integrated molecular and serological analysis method to predict new cases of leprosy amongst household contacts. *PLoS Negl Trop Dis* 2019;13(6):e0007400; doi: 10.1371/journal.pntd.0007400.
 116. Ramadona AL, Lazuardi L, Hii YL, et al. Prediction of Dengue Outbreaks Based on Disease Surveillance and Meteorological Data. *PLoS One* 2016;11(3):e0152688; doi: 10.1371/journal.pone.0152688.

117. Khan MT, Kaushik AC, Ji L, et al. Artificial Neural Networks for Prediction of Tuberculosis Disease. *Front Microbiol* 2019;10; doi: 10.3389/fmicb.2019.00395.
118. Chakraborty T, Chattopadhyay S, Ghosh I. Forecasting dengue epidemics using a hybrid methodology. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 2019;527:121266; doi: 10.1016/j.physa.2019.121266.
119. Manliura Datilo P, Ismail Z, Dare J. A Review of Epidemic Forecasting Using Artificial Neural Networks. *Int J Epidemiol Res* 2019;6(3):132–143; doi: 10.15171/ijer.2019.24.
120. Willmott C, Matsuura K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Clim Res* 2005;30:79–82; doi: 10.3354/cr030079.
121. Kublanov VS, Dolganov AYu, Belo D, et al. Comparison of Machine Learning Methods for the Arterial Hypertension Diagnostics. *Appl Bionics Biomech* 2017;2017:1–13; doi: 10.1155/2017/5985479.
122. Tedeschi LO. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric Syst* 2006;89(2–3):225–247; doi: 10.1016/j.agsy.2005.11.004.
123. Haykin S. *Neural Networks and Learning Machines*, 3/E. Pearson Education India; 2009.
124. Olden JD, Jackson DA. Illuminating the “black box”: a randomization approach for understanding variable contributions in artificial neural networks. *Ecol Modell* 2002;154(1–2):135–150; doi: 10.1016/S0304-3800(02)00064-9.
125. Bishop CM, Nasrabadi NM. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer; 2006.
126. Evangelista BBC, Fundação Oswaldo Cruz. Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro RBrasil. Fatores socioambientais associados à distribuição e à intensidade das geo-helmintíases em uma área urbana da Região de Marajó, estado do Pará, Brasil. 2020.
127. Guimarães JT da S. Direitos humanos de crianças e adolescentes no arquipélago do Marajó/PA: *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais* 2021;13(25):250–286; doi: 10.14295/rbhcs.v13i25.11990.
128. Anantharam P, Emerson LE, Bilcha KD, et al. Undernutrition, food insecurity, and leprosy in North Gondar Zone, Ethiopia: A case-control study to identify infection risk factors associated with poverty. *PLoS Negl Trop Dis* 2021;15(6):e0009456; doi: 10.1371/journal.pntd.0009456.
129. Prata EG, Araújo JF de, Bastos RC. Percepções da comunidade ribeirinha em relação ao saneamento básico e à educação ambiental na Ilha de Marajó, Pará, Brasil. *Revista Form@re - Parfor/UFPI* 2022;10(2).

130. Prakoeswa FRS, Ilhami AZ, Luthfia R, et al. Correlation Analysis between Household Hygiene and Sanitation and Nutritional Status and Female Leprosy in Gresik Regency. *Dermatol Res Pract* 2020;2020:1–7; doi: 10.1155/2020/4379825.
131. de Lima SM, de Brito KKG, de Santana EMF, et al. Qualidade de vida de pacientes com reações hansênicas. *Cogitare enfermagem* 2019;24.
132. Ramos ACV, Santos Neto M, Arroyo LH, et al. Magnitude of social determinants in high risk areas of leprosy in a hyperendemic city of northeastern Brazil: An ecological study. *Lepr Rev* 2020;91(1):41–55; doi: 10.47276/lr.91.1.41.
133. Ramos ACV, Alonso JB, Berra TZ, et al. Social inequalities and their association with the leprosy burden in a Brazilian city of low endemicity: An ecological study. *Acta Trop* 2021;218:105884; doi: 10.1016/j.actatropica.2021.105884.
134. Alves OJA, Silva CN, Silva JMP da. Socioeconomic and territorial dynamics in Breves-Marajó (Pa), post-decline of madeira activity. *Conjecturas* 2021;21(7):140–162.
135. Oliveira JS de S, Reis ALM dos, Margalho LP, et al. Leprosy in elderly people and the profile of a retrospective cohort in an endemic region of the Brazilian Amazon. *PLoS Negl Trop Dis* 2019;13(9):e0007709; doi: 10.1371/journal.pntd.0007709.
136. Nascimento VF do, Jesus WG de, Terças-Trettel ACP, et al. Vulnerabilidades em saúde de garimpeiros de uma região amazônica. *Enfermería Actual de Costa Rica* 2019;37(37):30–49; doi: 10.15517/REVENF.V0INO.37.34931.
137. Gomes AT de M, Lima BVM, Barros M de SN, et al. Distribuição espacial e análise epidemiológica da Hanseníase nos 53 municípios da Rede Interestadual de Saúde do Vale do Médio São Francisco. *Research, Society and Development* 2023;12(2):e17612240085; doi: 10.33448/rsd-v12i2.40085.
138. Castro NSS de, Souza TMC De. Impactos em saúde derivado do garimpo em Cachoeira do Piriá/PA. In: *Amazônia: Tópicos Atuais Em Ambiente, Saúde e Educação - Volume 2* Editora Científica Digital; 2023; pp. 197–212; doi: 10.37885/220509033.
139. De Assis IS, Berra TZ, Alves LS, et al. Leprosy in urban space, areas of risk for disability and worsening of this health condition in Foz Do Iguaçu, the border region between Brazil, Paraguay and Argentina. *BMC Public Health* 2020;20(1):1–12; doi: 10.1186/S12889-020-8236-5/FIGURES/5.
140. Pereira WMM, Braga RL, Silva ER da, et al. Hanseníase e migração: correlação espacial em um Estado hiperendêmico da Amazônia

- brasileira. *Research, Society and Development* 2021;10(1):e1810111164; doi: 10.33448/rsd-v10i1.11164.
141. Chokkakula S, Shui T, Jiang H, et al. Genotyping of *Mycobacterium leprae* for understanding the distribution and transmission of leprosy in endemic provinces of China. *International Journal of Infectious Diseases* 2020;98:6–13; doi: 10.1016/j.ijid.2020.06.032.
 142. OLIVEIRA R de S, BARBOSA TM. *Epidemiologia Espaço-Temporal Dos Casos de Hanseníase Em Um Município Sob Influência Direta Da Usina Hidrelétrica de Belo Monte*. 2021.
 143. Monteiro LD, Martins-Melo FR, Brito AL, et al. Physical disabilities at diagnosis of leprosy in a hyperendemic area of Brazil: trends and associated factors. *Lepr Rev* 2015;86(3):240–250; doi: 10.47276/lr.86.3.240.
 144. Grantz KH, Chabaari W, Samuel RK, et al. Spatial distribution of leprosy in India: An ecological study. *Infect Dis Poverty* 2018;7(1); doi: 10.1186/S40249-018-0402-Y/ASSET/42127345-6932-40FB-896B-EAB9DA3D775C/ASSETS/GRAPHIC/2095-5162-07-02-105-F001.PNG.
 145. Sarkar R, Pradhan S. Leprosy and women. *Int J Womens Dermatol* 2016;2(4):117–121; doi: 10.1016/j.ijwd.2016.09.001.
 146. Ministério da Educação. Ideb - Ministério Da Educação. n.d. Available from: <http://portal.mec.gov.br/conheca-o-ideb> [Last accessed: 5/2/2023].
 147. Adhikari B, Kaehler N, Chapman RS, et al. Factors Affecting Perceived Stigma in Leprosy Affected Persons in Western Nepal. *PLoS Negl Trop Dis* 2014;8(6):e2940; doi: 10.1371/journal.pntd.0002940.
 148. Pescarini JM, Williamson E, Nery JS, et al. Effect of a conditional cash transfer programme on leprosy treatment adherence and cure in patients from the nationwide 100 Million Brazilian Cohort: a quasi-experimental study. *Lancet Infect Dis* 2020;20(5):618–627; doi: 10.1016/S1473-3099(19)30624-3.
 149. Ramos AN, Heukelbach J, Oliveira MLW-D-R. A conditional cash transfer programme in Brazil improves leprosy treatment outcomes. *Lancet Infect Dis* 2020;20(5):522–523; doi: 10.1016/S1473-3099(19)30750-9.
 150. Kakiyama AASB de S, Silva V de S da, Poker Junior JH. Qualidade do Gasto Público em Educação Fundamental: uma análise de eficiência dos municípios paulistas. *GESTÃO Org*, ISSN-e 1679-1827, Vol 18, Nº 1, 2020, págs 136-153 2020;18(1):136–153; doi: 10.21714/1679-1827-2020.v18.n1.p136-153.
 151. Mesquita A, Mesquita AM de, Wander AE. Avaliação da qualidade dos gastos públicos em educação e saúde nos municípios Mato Grossenses, Brasil<p> Evaluation of the quality of public expending on education and

health in Mato Mrosso municipalities, Brazil. *Revista Capital Científico - Eletrônica (RCC-e)* - ISSN 2177-4153 2021;19(2):58–74.

152. Rodrigues FF, Macêdo R, Gomes MR, et al. Transparência fiscal e eficiência dos gastos públicos em educação e saúde: Estudo nos municípios cearenses. *Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC* 2019.
153. Guedes T de A, Silva FS da. Gestão de saúde pública no Brasil à luz da teoria da burocracia: escassez de médicos especialistas e desigualdade regional de acesso. *Boletim de Conjuntura (BOCA)* 2023;13(37):111–129; doi: 10.5281/ZENODO.7584790.
154. World Health Organization. *Estratégia Global de Hanseníase 2021–2030 – “Rumo à Zero Hanseníase.”* n.d. Available from: <https://www.who.int/pt/publications/i/item/9789290228509> [Last accessed: 5/2/2023].
155. Pescarini JM, Williamson E, Ichihara MY, et al. Conditional Cash Transfer Program and Leprosy Incidence: Analysis of 12.9 Million Families From the 100 Million Brazilian Cohort. *Am J Epidemiol* 2020;189(12):1547–1558; doi: 10.1093/aje/kwaa127.