



MODELAGEM POPULACIONAL: ANÁLISE DO CENSO DEMOGRÁFICO DE 2023 EM MUNICÍPIOS DO MARANHÃO

POPULATION MODELING: ANALYSIS OF THE 2023 DEMOGRAPHIC CENSUS IN MUNICIPALITIES OF MARANHÃO

MODELADO DE POBLACIÓN: ANÁLISIS DEL CENSO DEMOGRÁFICO DE 2023 EN MUNICIPIOS DE MARANHÃO

Handrya Lorena Oliveira Sousa^{1*}

Eliane Silva Sousa^{2**}

Francisco Pessoa de Paiva Junior^{3***}

RESUMO

Este artigo resulta do projeto de pesquisa PIBIC “Modelagem Populacional: uma análise dos resultados do Censo Demográfico do IBGE de 2023” e tem como problemática central o atraso do Censo de 2020, em decorrência da pandemia da Covid-19, e as controvérsias geradas após a divulgação dos dados em 2023, especialmente diante da redução populacional registrada em alguns municípios maranhenses e de seus desdobramentos administrativos e políticos. O objetivo geral consiste em realizar um estudo comparativo entre modelos matemáticos de crescimento populacional e os resultados do Censo Demográfico de 2023 para municípios do estado do Maranhão. O referencial teórico fundamenta-se na modelagem matemática aplicada à demografia, com destaque para os modelos clássicos de crescimento populacional propostos por Malthus e Verhulst, além de modelos assintóticos e trigonométricos. Metodologicamente, a pesquisa caracteriza-se como bibliográfica, descritiva, documental e qualitativa, nos termos de Gil (2008), utilizando dados históricos do IBGE e a análise comparativa de gráficos gerados por diferentes modelos matemáticos aplicados a seis municípios maranhenses com séries demográficas consistentes. Os resultados indicam convergência entre os modelos matemáticos e os dados censitários apenas em parte das cidades analisadas, enquanto, em outros municípios, os modelos apontaram tendência de crescimento populacional divergente dos dados oficiais, evidenciando a necessidade de análises complementares e do uso crítico

^{1*} Graduanda em Licenciatura em Física no Instituto Federal do Maranhão (IFMA – Campus Santa Inês), Maranhão, Brasil. Endereço para correspondência: Rua das flores, número 63, formosa, Pindaré-Mirim, Maranhão, Brasil CEP: 65370-000. E-mail: handryalorenaoliveira@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4453-1252>; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/489944183839641>.

^{2**} Graduanda em Licenciatura em Física, no Instituto Federal do Maranhão (IFMA – Campus Santa Inês), Maranhão, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Albatroz, 08, Bairro Nova Santa Luzia, Santa Luzia, Maranhão, Brasil, 65390-000. E-mail: elianesousa98279@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7504-7858>; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5420053241717843>.

^{3***} Doutor em Educação e Ciências e Matemática (UFMT). Coordenador da Pós-Graduação em Docência na EPT e Professor de EBTT no IFMA - Campus Santa Inês, Maranhão, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Manoel Emídio, número 04, Bairro João Viana, Caxias, Maranhão, Brasil, CEP: 65605-000. E-mail: pessoa.junior@ifma.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4453-1252>; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5839156446771208>.

da modelagem matemática como ferramenta de apoio à interpretação dos dados demográficos e ao planejamento público.

Palavras-chave: Modelagem Matemática; Crescimento Populacional; Censo Demográfico; IBGE; Maranhão.

ABSTRACT

This article stems from the PIBIC research project “Population Modeling: an analysis of the results of the 2023 IBGE Demographic Census” and focuses on the delay of the 2020 Census due to the Covid-19 pandemic, and the controversies generated after the release of the 2023 data, especially regarding the population reduction recorded in some municipalities of Maranhão and its impacts on the municipal legislative body. The general objective is to conduct a comparative study between mathematical models of population growth and the results of the 2023 Demographic Census for municipalities in the state of Maranhão. The theoretical framework is based on mathematical modeling applied to demography, highlighting the classical population growth models proposed by Malthus and Verhulst, as well as asymptotic and trigonometric models. Methodologically, the research is characterized as bibliographic, descriptive, documentary, and qualitative, according to Gil (2008), using historical data from the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) and the comparative analysis of graphs generated by different mathematical models applied to six municipalities in Maranhão with consistent demographic series. The results indicate convergence between the mathematical models and census data only in some of the cities analyzed, while in other municipalities, the models pointed to a population growth trend that diverged from the official data, highlighting the need for complementary analyses and the critical use of mathematical modeling as a tool to support the interpretation of demographic data and public planning.

Keywords: Mathematical Modeling; Population Growth; Demographic Census; IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics); Maranhão.

RESUMEN

Este artículo surge del proyecto de investigación PIBIC “Modelado Poblacional: un análisis de los resultados del Censo Demográfico del IBGE de 2023” y se centra en el retraso del Censo de 2020 debido a la pandemia de COVID-19 y las controversias generadas tras la publicación de los datos de 2023, especialmente en relación con la reducción poblacional registrada en algunos municipios de Maranhão y sus impactos en el poder legislativo municipal. El objetivo general es realizar un estudio comparativo entre los modelos matemáticos de crecimiento poblacional y los resultados del Censo Demográfico de 2023 para los municipios del estado de Maranhão. El marco teórico se basa en el modelado matemático aplicado a la demografía, destacando los modelos clásicos de crecimiento poblacional propuestos por Malthus y Verhulst, así como los modelos asintóticos y trigonométricos. Metodológicamente, la investigación se caracteriza por ser bibliográfica, descriptiva, documental y cualitativa, según Gil (2008), utilizando datos históricos del IBGE (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística) y el análisis comparativo de gráficos generados por diferentes modelos matemáticos aplicados a seis municipios de Maranhão con series demográficas consistentes. Los resultados indican convergencia entre los modelos matemáticos y los datos censales solo en algunas de las ciudades analizadas, mientras que en otros municipios, los modelos apuntaron a una tendencia de crecimiento poblacional divergente de los datos oficiales, lo que resalta la necesidad de análisis complementarios y el uso crítico de modelos matemáticos como herramienta para respaldar la interpretación de datos demográficos y la planificación pública.

Palabras clave: Modelado matemático; Crecimiento poblacional; Censo demográfico; IBGE (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística); Maranhão.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo é um recorte do projeto de pesquisa PIBIC intitulado *Modelagem Populacional: uma análise dos resultados do Censo Demográfico do IBGE de 2023*, cujo objetivo consistiu em realizar um estudo comparativo entre diferentes modelos matemáticos de crescimento populacional e os dados oficiais divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o estado do Maranhão. Para tanto, foram aplicados distintos modelos matemáticos a um conjunto de municípios selecionados, os quais apresentam histórico demográfico consistente e séries de dados adequados à análise.

A motivação central deste estudo está associada ao atraso na realização do Censo Demográfico de 2020, decorrente da pandemia da Covid-19. Em virtude desse contexto excepcional, a coleta e a consolidação dos dados censitários foram postergadas, resultando na divulgação dos primeiros resultados apenas em 2023. Após essa divulgação, emergiram inúmeras manifestações de insatisfação por parte de diversos municípios maranhenses, que questionaram a redução de seus contingentes populacionais quando comparados a estimativas anteriores.

Segundo o IBGE, os censos demográficos constituem a principal fonte de informações sobre as condições de vida da população em cada município e localidade do país, distinguindo-se das demais pesquisas domiciliares por sua abrangência universal, o que garante maior precisão e confiabilidade aos dados coletados. Dessa forma, os resultados censitários exercem papel fundamental no diagnóstico da realidade social brasileira e no planejamento de políticas públicas em diferentes esferas.

No entanto, os dados divulgados em 2023 suscitaram debates públicos intensos, sobretudo em razão de seus impactos administrativos e políticos. Tal situação tornou-se ainda mais sensível no contexto das eleições municipais de 2024, uma vez que a diminuição populacional registrada pelo censo influenciou diretamente o número de vereadores em alguns municípios maranhenses, conforme a legislação eleitoral vigente. Esse cenário despertou uma inquietação científica de onde emergiu a seguinte questão de pesquisa: os resultados do Censo Demográfico de 2023 refletem, de forma coerente, as tendências de crescimento ou decréscimo populacional indicadas por modelos matemáticos clássicos?

O estudo do crescimento populacional configura-se como um campo relevante na interface entre a matemática aplicada, a demografia e as ciências sociais. Nesse contexto, a

modelagem matemática destaca-se como uma ferramenta fundamental para a análise quantitativa de fenômenos populacionais, permitindo a representação de comportamentos históricos e a projeção de cenários futuros (Klüber; Burak, 2008). Quando associada ao uso de tecnologias digitais, como planilhas eletrônicas e softwares de análise e simulação, a modelagem amplia a capacidade de interpretação de dados complexos e de elaboração de projeções mais consistentes.

Entre os modelos matemáticos clássicos utilizados na análise do crescimento populacional, destacam-se o modelo de Malthus, que descreve um crescimento exponencial ilimitado, e o modelo logístico de Verhulst, que incorpora a noção de capacidade de suporte ambiental. Outros modelos, como os assintóticos e trigonométricos, também podem ser empregados para representar processos de estabilização populacional ou variações específicas ao longo do tempo.

Nesse sentido, a justificativa deste trabalho reside na necessidade de compreender como as dinâmicas populacionais, analisadas a partir de modelos matemáticos, podem contribuir para a interpretação crítica dos dados censitários oficiais e de suas implicações na organização política e no planejamento público municipal. Ao confrontar projeções matemáticas com os resultados do Censo Demográfico de 2023, busca-se oferecer subsídios quantitativos que auxiliem na compreensão dos questionamentos levantados por municípios maranhenses.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa consiste em realizar um estudo comparativo entre diferentes modelos matemáticos de crescimento populacional e os resultados do Censo Demográfico de 2023 para municípios do estado do Maranhão. Especificamente, pretende-se elaborar modelos populacionais aplicados às cidades selecionadas, comparar as projeções obtidas com os dados censitários oficiais, identificar possíveis divergências entre as projeções matemáticas e os dados censitários oficiais. Para tanto, a análise realizada concentrou-se na comparação visual e interpretativa entre os gráficos gerados pelos modelos matemáticos e o gráfico histórico populacional divulgado pelo IBGE, observando-se as tendências de crescimento ou decréscimo no período correspondente ao Censo Demográfico de 2023.

Desta forma, para uma melhor apresentação dos resultados da pesquisa, este artigo está estruturado em quatro seções para além desta introdução. A segunda intitulada *Referencial Teórico* discute os fundamentos conceituais e históricos da modelagem matemática aplicada ao crescimento populacional. A terceira intitulada *Metodologia* descreve

os procedimentos adotados na pesquisa. A quarta seção intitulada *Análise e Resultados* apresenta e discute os principais achados do estudo e por fim, a quinta e última seção, intitulada *Considerações Finais*, sintetiza os resultados da pesquisa e aponta contribuições e perspectivas para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo do crescimento populacional consolidou-se como um campo relevante na interface entre a Matemática Aplicada, a Demografia e as Ciências Sociais. Nesse contexto, a modelagem matemática destaca-se como uma ferramenta essencial para a análise quantitativa dos fenômenos populacionais, permitindo não apenas a representação de comportamentos históricos, mas também a projeção de cenários futuros e a avaliação de tendências demográficas.

A modelagem matemática consiste na construção de representações matemáticas de fenômenos do mundo real, com o objetivo de compreender seu comportamento, testar hipóteses e realizar previsões. Esses modelos possibilitam a análise sistemática de dados e subsidiam processos de tomada de decisão baseados em evidências quantitativas. Como descreve Paiva Júnior et al (2021, p. 21) “A modelagem matemática é uma ferramenta utilizada para fazer uma representação ou simplificação da realidade, por meio dela é possível descrever comportamentos e fenômenos, simples e complexos, podendo assim interferir em seu processo, alterando seus resultados”. Enquanto Bassanezi (2012, p. 11) explica que:

A modelagem é o processo de criação de modelos onde estão definidas as estratégias de ação do indivíduo sobre a realidade, mais especificamente sobre a sua realidade, carregada de interpretações e subjetividades próprias de cada modelador (Bassanezi, 2012, p. 11).

Assim, quando aplicada ao crescimento populacional, a modelagem busca explicar como as populações evoluem ao longo do tempo, identificar os fatores que influenciam essa evolução e reconhecer padrões associados às dinâmicas demográficas.

Historicamente, segundo Biffi, Da Silva e Trivizoli (2018) um dos primeiros modelos matemáticos amplamente utilizados para descrever o crescimento populacional foi proposto por Thomas Malthus, em sua obra *Ensaio sobre o princípio da população*, publicada em 1798. Neste modelo malthusiano, a população tende a crescer em progressão geométrica,

enquanto os recursos disponíveis crescem em progressão aritmética, o que, em longo prazo, levaria à escassez e a crises populacionais. Do ponto de vista matemático, esse modelo é representado por uma função exponencial, na qual a taxa de crescimento é constante e proporcional ao tamanho da população existente.

Apesar de sua relevância histórica, o modelo de Malthus apresenta limitações importantes, sobretudo por desconsiderar os efeitos dos recursos finitos, das políticas públicas e dos mecanismos de controle populacional. Com o intuito de superar essas limitações, o matemático belga Pierre Verhulst propôs, em 1838, o chamado modelo logístico, também conhecido como modelo de Verhulst. Nesse modelo, a taxa de crescimento populacional não se mantém constante, mas diminui à medida que a população se aproxima de um limite máximo, denominado capacidade de suporte do ambiente. A equação logística gera uma curva sigmoide, considerada mais adequada para representar o comportamento de populações em contextos reais (Bassanezi, 2012).

Além desses modelos clássicos, outras representações matemáticas têm sido desenvolvidas e aplicadas conforme as especificidades dos contextos populacionais analisados. O modelo assintótico, por exemplo, descreve situações em que o crescimento populacional tende à estabilização após determinado período, aproximando-se de um valor limite. Já os modelos trigonométricos são utilizados em cenários nos quais há oscilações periódicas da população, como ocorre em municípios com forte influência de atividades sazonais, a exemplo de regiões turísticas ou agrícolas, onde a população varia conforme a época do ano (Bassanezi, 2012).

O avanço das tecnologias digitais também tem impactado de forma significativa as análises demográficas. Ferramentas computacionais e planilhas eletrônicas, como o Microsoft Excel, possibilitam a aplicação prática desses modelos matemáticos a partir de dados reais, fornecidos por instituições oficiais, como o IBGE. A construção de gráficos, o ajuste de curvas e a análise numérica permitem comparar diferentes modelos, identificar tendências e realizar projeções populacionais com maior clareza e precisão.

No âmbito educacional, a modelagem matemática também se apresenta como uma abordagem metodológica relevante no ensino de Matemática. Ao trabalhar com dados reais, como os referentes ao crescimento populacional de municípios, os estudantes são incentivados a interpretar informações, aplicar conceitos matemáticos e compreender a utilidade social da Matemática. Esse processo contribui para o desenvolvimento do raciocínio

lógico, da análise crítica e da capacidade de resolução de problemas, competências essenciais à formação cidadã e científica (Ponte, Brocardo e Oliveira, 2009; Bassanezi, 2002).

Dessa forma, o uso da modelagem matemática no estudo do crescimento populacional possibilita não apenas a compreensão das dinâmicas demográficas humanas, mas também o fortalecimento do pensamento científico e analítico. A escolha criteriosa dos modelos, a interpretação crítica dos dados e o reconhecimento das limitações de cada abordagem configuram elementos fundamentais para o desenvolvimento de pesquisas consistentes, contextualizadas e socialmente relevantes.

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida neste artigo caracterizou-se, segundo a classificação de Gil (2008), como bibliográfica, descritiva, de natureza qualitativa, com suporte quantitativo e abordagem comparativa. O estudo teve como objetivo analisar o crescimento populacional de municípios maranhenses por meio da aplicação de modelos matemáticos e comparar as projeções obtidas com os dados oficiais divulgados pelo Censo Demográfico de 2023, realizado pelo IBGE.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, conforme definido por Gil (2008), com a finalidade de fundamentar teoricamente o estudo e identificar os principais modelos matemáticos empregados na análise do crescimento populacional. Para essa etapa, foram consultados livros, artigos científicos, dissertações, teses e documentos institucionais disponíveis no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no Banco de Teses e Dissertações (BDTD), bem como publicações oficiais do IBGE (2023). O levantamento bibliográfico utilizou os descritores “modelagem matemática” e “crescimento populacional”, permitindo a seleção de obras diretamente relacionadas à temática investigada.

Apesar da escassez de produções acadêmicas que abordassem diretamente a modelagem populacional no contexto regional maranhense, foram identificadas referências pontuais que forneceram subsídios teóricos relevantes para a definição da proposta metodológica do estudo. As principais obras consultadas nessa etapa estão sintetizadas no Quadro 1, o qual apresenta os trabalhos utilizados para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Quadro 1: Obras lidas para o desenvolvimento do projeto de pesquisa

TIPO	TÍTULO	AUTOR	ANO
Dissertação	Modelagem de representação populacional: um olhar à luz da socio epistemologia.	Camila Fogaça de Oliveira	2024
Dissertação	Um modelo de representação computacional baseado em conceitos de crescimento urbano associados a alvarás e primitivas em banco de dados espacial.	Frank Augusto Micheletto Kono	2016
Capítulo	Aplicação dos modelos de dinâmica populacional de Malthus e Verhulst na microrregião de Caxias.	Francisco de Assis Oliveira Filho	2023

Fonte: Próprios autores, 2025.

Na etapa empírica, a pesquisa assumiu caráter descritivo e quantitativo, conforme Gil (2008), ao utilizar dados secundários oficiais referentes à população dos municípios maranhenses selecionados. Os dados analisados foram obtidos junto ao IBGE, contemplando informações censitárias de períodos anteriores e os resultados do Censo Demográfico de 2023. A seleção dos municípios considerou a disponibilidade de séries históricas populacionais consistentes e a relevância dos questionamentos públicos surgidos após a divulgação dos dados censitários mais recentes.

Para a análise do crescimento populacional, foram aplicados modelos matemáticos clássicos, amplamente discutidos na literatura, com destaque para o modelo exponencial de Malthus e o modelo logístico de Verhulst. Esses modelos foram ajustados aos dados históricos de cada município, por meio de procedimentos matemáticos e computacionais, com o auxílio de planilhas eletrônicas.

A partir do ajuste dos modelos, foram realizadas projeções populacionais para o ano de 2023, as quais foram comparadas com os valores oficialmente divulgados pelo IBGE. A análise comparativa foi realizada a partir da observação e interpretação dos gráficos gerados pelos modelos matemáticos e do gráfico histórico populacional divulgado pelo IBGE. Nessa etapa, avaliou-se o comportamento das curvas no período correspondente ao Censo Demográfico de 2023, identificando-se tendências de crescimento ou decréscimo populacional, bem como a proximidade ou afastamento visual entre as projeções dos modelos e os dados oficiais.

Por fim, os procedimentos metodológicos adotados permitiram a realização de uma análise comparativa entre os gráficos gerados pelos modelos matemáticos de crescimento populacional e o gráfico histórico populacional divulgado pelo IBGE. A partir dessa comparação, foi possível identificar tendências de crescimento ou decréscimo populacional no período analisado, em especial no contexto do Censo Demográfico de 2023. Ressalta-se

que a pesquisa não teve como finalidade contestar a legitimidade dos dados oficiais, mas analisar sua coerência em relação às projeções matemáticas construídas a partir de séries históricas, oferecendo subsídios para uma leitura crítica dos dados demográficos e de seus desdobramentos na esfera municipal.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

O Censo Demográfico, realizado a cada dez anos pelo IBGE, constitui a principal fonte de dados estatísticos sobre a população brasileira. Esse levantamento investiga aspectos como idade, sexo, escolaridade, renda, condições de moradia e migração, fornecendo subsídios fundamentais para o planejamento de políticas públicas e para a análise das transformações sociais ao longo do tempo. A abrangência da coleta, realizada por meio de visitas a todos os domicílios do país, assegura uma representação ampla da realidade demográfica brasileira.

A partir dos dados populacionais do Censo Demográfico de 2023, realizados pelo IBGE para municípios do Maranhão, foram identificados 14 municípios que registraram redução populacional. Essa diminuição populacional implicou, em diversos casos, uma consequente redução no número de vereadores, de acordo com os critérios estabelecidos pela legislação brasileira⁴. No entanto, visando uma análise mais precisa e coerente com os objetivos desta pesquisa, dentre estes, foram selecionados apenas seis municípios como foco desta pesquisa: Codó, Lago Verde, Joselândia, Magalhães de Almeida, Monção e Vargem Grande.

A escolha dessas localidades justificou-se pela continuidade administrativa e pela disponibilidade de séries históricas populacionais consistentes desde levantamentos demográficos anteriores. Os demais municípios inicialmente considerados foram excluídos em razão de fatores como emancipações políticas recentes ou ausência de dados históricos completos, o que inviabilizaria a aplicação consistente dos modelos matemáticos.

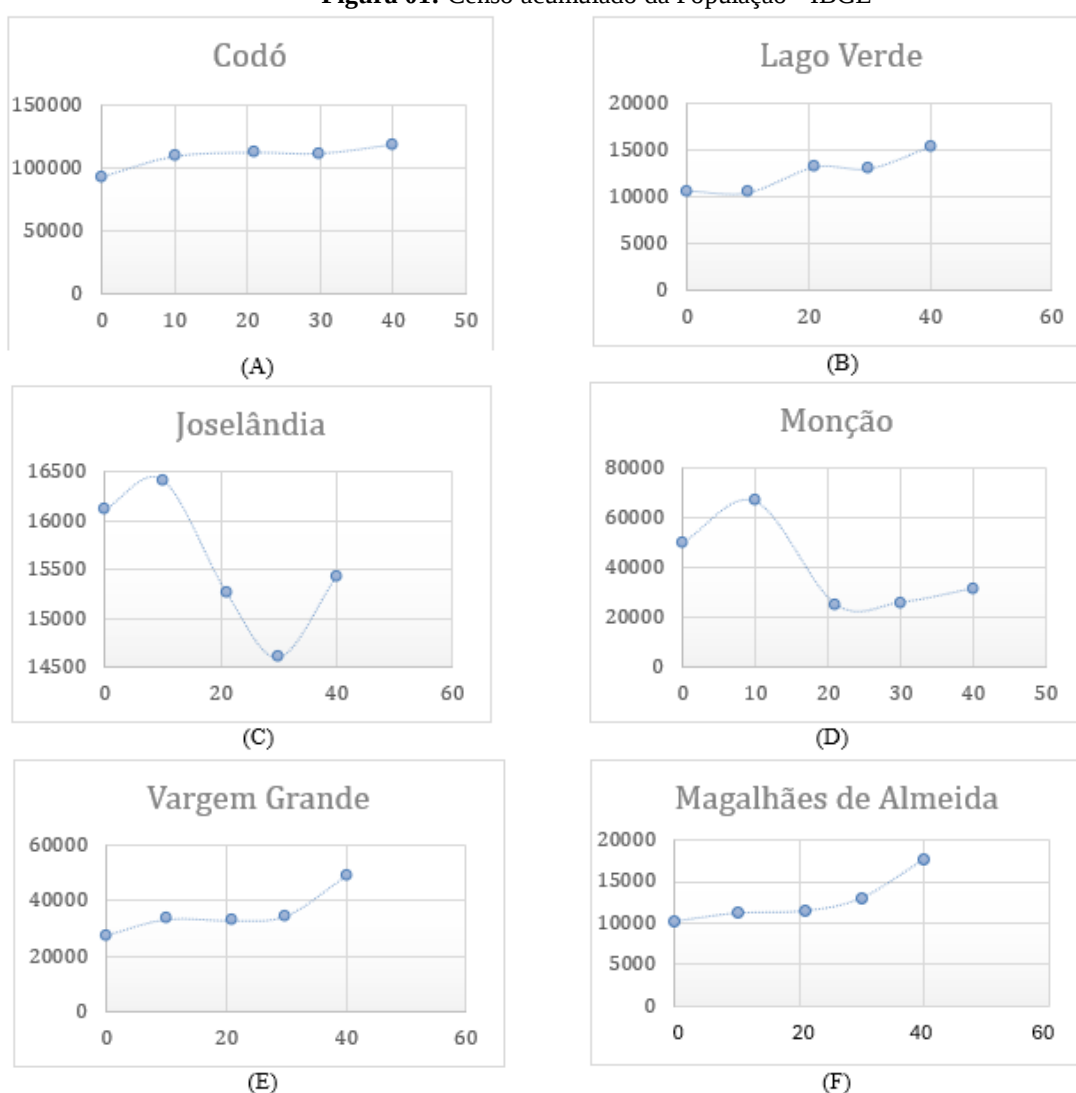
A partir dessa seleção, foram aplicados modelos matemáticos de crescimento populacional, entre eles o modelo exponencial de Malthus, com o objetivo de analisar se as tendências demográficas observadas estavam alinhadas com os dados oficiais divulgados pelo

⁴ Fonte: <https://g1.globo.com/google/amp/ma/maranhao/eleicoes/2024/noticia/2024/10/25/candidatos-eleitos-a-vereador-em-14-cidades-do-maranhao-podem-perder-o-mandato-por-reducao-populacional.ghtml>

IBGE ou se indicavam possíveis divergências. A modelagem matemática permitiu verificar a coerência entre o comportamento populacional projetado e a representatividade política municipal, buscando compreender se a diminuição no número de vereadores acompanhava efetivamente a variação da população local ou se apontava para inconsistências a serem analisadas.

Os gráficos que representam a evolução histórica da população dos seis municípios analisados nesta pesquisa, com base nos dados do IBGE no intervalo temporal de 1970 até o ano de 2010, que foi o ano da divulgação do último Censo Demográfico anterior ao de 2023, estão apresentados na Figura 01 que segue.

Figura 01: Censo acumulado da População - IBGE



Fonte: Próprios autores, 2025.

Como podemos observar, os gráficos (A), (B), (E) e (F) da Figura 01 evidenciam que municípios como Vargem Grande, Magalhães de Almeida, Codó e Lago Verde apresentaram crescimento demográfico relativamente estável ao longo do período observado, com tendências predominantemente ascendentes e sem oscilações acentuadas, o que permite inferir uma tendência de crescimento populacional para essas cidades, o que não ocorreu, conforme dados do IBGE (2023). Esse comportamento sugere certa regularidade socioeconômica, baixa intensidade migratória ou a existência de políticas locais que favoreceram a permanência da população.

Em contrapartida, os gráficos (C) e (D) da Figura 01 referente aos municípios de Joselândia e Monção apresentaram flutuações mais significativas nos dados populacionais, com tendência de redução em determinados períodos. Essas variações indicam possíveis processos migratórios intensos ou transformações estruturais que impactaram negativamente a permanência da população local, levantando questionamentos acerca de fatores sociais, econômicos e de infraestrutura associados a esse comportamento demográfico.

Mesmo assim, em todas as seis cidades pesquisadas, seus gráficos apresentam curvas crescentes de crescimento populacional para os últimos Censos Demográficos, o que justifica a expectativa de aumento populacional por parte dos gestores municipais nessas cidades, por parte de seus poderes públicos. Ainda assim, algumas delas se mostraram com comportamentos históricos menos consistentes, o que já deveria ser tomado como alerta para os seus gestores municipais.

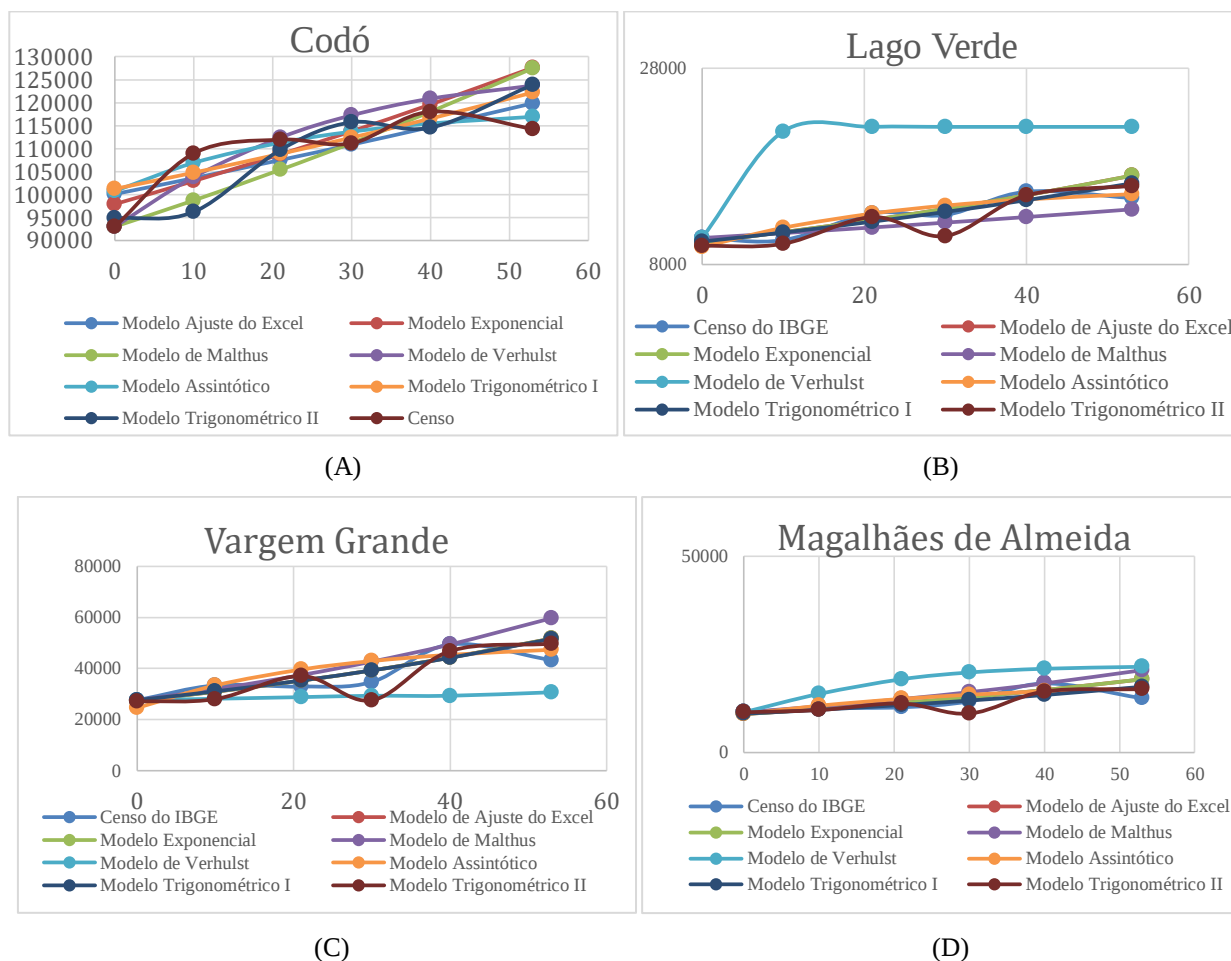
Com base nesse panorama, procedeu-se à aplicação de diferentes modelos matemáticos com o objetivo de estimar a evolução populacional e verificar a coerência das tendências observadas. Foram utilizados métodos de projeção como o ajuste de curvas por meio de planilhas eletrônicas (Excel), o modelo linear, o modelo exponencial de Malthus, o modelo logístico de Verhulst e modelos trigonométricos, disponíveis na literatura, como em Bassanezi (2012). A análise concentrou-se na comparação gráfica entre as curvas geradas pelos modelos e o gráfico histórico populacional divulgado pelo IBGE, conforme descrito na metodologia.

A Figura 02⁵ apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação dos diferentes

⁵ Ressalta-se que, em alguns gráficos da Figura 02, determinadas curvas podem se sobrepor em função da escala adotada e da apresentação conjunta dos modelos matemáticos. Essa opção metodológica foi adotada com o objetivo de possibilitar a comparação imediata entre os diferentes modelos, evitando a apresentação excessiva de gráficos individuais, o que resultaria em um total de oito modelos para cada uma das seis cidades analisadas.

modelos matemáticos, destacando os municípios que apresentaram divergência entre os dados do IBGE e as projeções realizadas.

Figura 02: Cidades com divergência resultados IBGE x Modelo



Fonte: Próprios autores, 2025.

A partir das modelagens realizadas, já incluído o Censo Demográfico de 2023 e as respectivas projeções para cada modelo, assim como na Figura 01 observa-se uma tendência geral de crescimento populacional nos municípios analisados (Codó, Lago Verde, Magalhães de Almeida e Vargem Grande), mesmo diante de dados censitários que indicaram a redução no número de habitantes nestas cidades maranhenses.

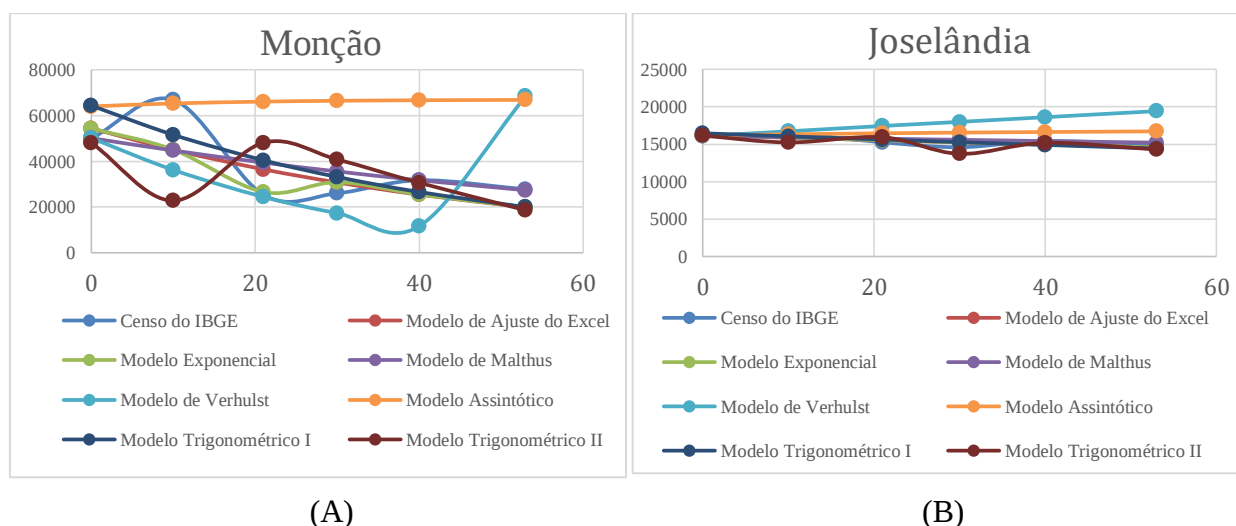
Assim, enquanto os dados do Censo Demográfico de 2023 sugeriam queda

Dessa forma, destaca-se, contudo, que todas as análises realizadas consideraram o comportamento individual de cada modelo de forma separada; a apresentação conjunta dos gráficos tem caráter exclusivamente sintético e comparativo.

populacional, as projeções obtidas por meio dos diferentes modelos indicaram comportamento oposto. Tal resultado evidencia uma convergência entre os modelos matemáticos empregados, que, mesmo adotando abordagens distintas, apresentaram tendências semelhantes ao estimar crescimento em vez de declínio populacional. Esses achados reforçam a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre as dinâmicas populacionais desses municípios na última década, que justifiquem tal inconsistência.

Da mesma forma, ao comparar os gráficos das projeções matemáticas com os dados censitários, foi possível identificar municípios cujos resultados apresentaram maior proximidade entre os modelos e Censo Demográfico do IBGE (2023). A Figura 03 ilustra duas cidades nas quais houve convergência entre as tendências indicadas pelos modelos matemáticos e os dados oficiais.

Figura 3: Cidades que houve convergência IBGE x Modelos.



Fonte: Próprios autores, 2025.

Percebe-se que os municípios de Joselândia e Monção, entre os municípios analisados, foram os únicos a apresentaram uma tendência consistente de redução populacional na maioria dos modelos aplicados. No caso de Joselândia, observou-se uma particularidade: enquanto grande parte dos modelos indicou decréscimo populacional, o modelo logístico de Verhulst apontou um leve acréscimo, destoando das demais projeções.

Em relação ao município de Monção, embora a redução populacional também tenha sido observada no modelo de Verhulst, este apresentou resultados mais desproporcionais quando comparado aos demais modelos utilizados. Essa variação sugere a necessidade de

investigações adicionais, especialmente para compreender os fatores que podem influenciar a adequação de determinados modelos matemáticos à dinâmica populacional local.

Além da análise comparativa entre os modelos matemáticos e os dados do Censo Demográfico de 2023, procedeu-se à comparação entre a população recenseada em 2023 e as projeções populacionais para o próximo Censo Demográfico, previsto para 2030. Essa análise permite identificar, para cada município, quais modelos indicam perspectivas de crescimento, estabilidade ou decrescimento populacional ao longo do período considerado.

Quadro 2: Projeções do próximo Censo Demográfico

Projeções	Ano	IBGE	Ajuste do Excel	Exponencial	Malthus	Verhulst	Assintótico	Trigonométrico I	Trigonométrico II
Codó	2023	93033	119887	127644	127524	124687	116935	122232	123916
	2030		122775	132191	132947	123729	117452	125468	142282
Joselândia	2023	16106	14574	14574	15218	194253	16724	14437	14300
	2030		14372	14371	15104	198565	16758	14189	13065
Lago Verde	2023	10688	17049	17048	13610	220253	15159	16267	16007
	2030		18234	18233	14051	220253	15355	12765	15014
Magalhães de Almeida	2023	10243	18630	18629	20960	21826	16357	16727	16111
	2030		20290	20290	23039	21936	16673	18000	12068
Monção	2023	50133	19871	19976	27355	68506	66859	19978	18623
	2030		17396	17501	25251	51143	66906	17126	7886
Vargem Grande	2023	27554	51741	51741	59737	30682	47337	51610	49729
	2030		56275	56275	66165	31105	48024	56143	39807

Fonte: Próprios autores, 2025.

A partir das projeções apresentadas no Quadro 2, observa-se que, para o próximo Censo Demográfico, os municípios de Codó, Magalhães de Almeida e Vargem Grande apresentam tendência de decrescimento populacional em apenas um dos modelos matemáticos aplicados, enquanto os demais modelos indicam crescimento populacional. No município de Lago Verde, verifica-se a previsão de decrescimento populacional em dois modelos, ao passo que um terceiro modelo aponta para uma situação de equilíbrio demográfico.

Em relação ao município de Monção, constata-se que apenas um modelo matemático projeta crescimento populacional, enquanto todos os demais indicam tendência de decrescimento. Já o município de Joselândia apresenta previsão de crescimento populacional em apenas dois modelos matemáticos, com indicação de redução populacional nos demais, evidenciando um comportamento demográfico mais sensível às variações conforme o modelo

adotado.

Esses resultados reforçam a heterogeneidade das projeções populacionais quando analisadas a partir de diferentes modelos matemáticos, evidenciando que a interpretação das tendências demográficas depende fortemente das hipóteses e estruturas matemáticas adotadas. A comparação entre as projeções para 2030 e os dados do Censo Demográfico de 2023 contribui para uma leitura crítica dos cenários futuros, destacando a importância da modelagem matemática como ferramenta de apoio à análise demográfica e ao planejamento municipal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada evidencia a modelagem matemática como uma ferramenta fundamental para a compreensão das dinâmicas populacionais e de seus impactos diretos na representação política municipal. A comparação entre os dados do Censo Demográfico de 2023, divulgados pelo IBGE, e as projeções obtidas a partir dos modelos matemáticos de Malthus, Verhulst, assintótico e trigonométrico possibilitou a identificação de padrões relevantes de convergência e divergência nos municípios maranhenses analisados.

Os resultados indicaram que, nos municípios de Joselândia e Monção, a tendência de redução populacional prevista pela maioria dos modelos apresentou alinhamento com os dados censitários, corroborando a relação direta entre a diminuição do contingente populacional e a redução do número de cadeiras no legislativo municipal. Esses achados reforçam a influência da dinâmica demográfica sobre a representatividade política, conforme estabelecido pela legislação brasileira, bem como a importância do conhecimento do comportamento do crescimento ou decréscimo populacional por parte dos gestores municipais para um melhor planejamento político futuro.

Entretanto, o aspecto mais significativo do estudo reside nas divergências sistemáticas observadas nos demais municípios analisados, Codó, Lago Verde, Magalhães de Almeida e Vargem Grande. Nessas localidades, os modelos matemáticos apontaram tendências de crescimento populacional, em contraste com os resultados do Censo Demográfico de 2023. Tal discrepância evidencia não apenas as limitações inerentes aos modelos matemáticos clássicos quando aplicados a realidades sociais complexas, mas também a necessidade de uma

leitura crítica dos dados censitários, sobretudo quando estes impactam diretamente a organização político-administrativa dos municípios.

É importante destacar que a análise desenvolvida neste trabalho teve caráter predominantemente gráfico e interpretativo, baseando-se na comparação visual entre as curvas geradas pelos modelos matemáticos e os gráficos históricos populacionais do IBGE. Essa abordagem permitiu identificar tendências de crescimento ou decréscimo no período analisado, contudo, configura também uma limitação do estudo, uma vez que não foram empregadas métricas quantitativas de erro ou validação estatística mais aprofundada. Ainda assim, a análise gráfica dos modelos construídos mostrou-se eficaz para revelar padrões consistentes e suscitar questionamentos relevantes sobre a coerência entre projeções matemáticas e dados oficiais.

Do ponto de vista prático, os resultados desta pesquisa possuem grande relevância para os municípios estudados, pois oferecem subsídios para a reflexão crítica sobre os critérios que orientam a distribuição da representação legislativa municipal. Ao evidenciar possíveis inconsistências entre dados censitários e projeções matemáticas, o estudo contribui para o debate sobre planejamento público, alocação de recursos e formulação de políticas baseadas em evidências quantitativas.

Além disso, a pesquisa reforça o papel da Matemática Aplicada como um instrumento de análise crítica, fiscalização cívica e apoio à gestão pública. A modelagem matemática não se limita à descrição de fenômenos, mas se consolida como um recurso indispensável para a validação, interpretação e problematização de dados oficiais, especialmente em contextos nos quais decisões administrativas e políticas dependem diretamente de informações demográficas.

Como perspectiva para estudos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de modelos matemáticos mais sofisticados, que incorporem variáveis socioeconômicas, fluxos migratórios, fatores estocásticos e indicadores regionais, ampliando a capacidade explicativa das projeções populacionais. Sugere-se, ainda, a utilização de métodos estatísticos de validação, bem como a ampliação da amostra para outros municípios e estados, possibilitando comparações em escala regional ou nacional.

Em síntese, o estudo não apenas contribui para a compreensão das dinâmicas populacionais dos municípios analisados, mas também incentiva a adoção de abordagens quantitativas mais robustas no planejamento público, reforçando a importância da pesquisa

científica e da modelagem matemática na construção de uma gestão pública mais justa, eficiente e alinhada à complexa realidade populacional do Maranhão.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, Rodney Carlos, **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 3ª ed. São Paulo: Contexto, 2002.

BASSANEZI, Rodney Carlos, **Temas & Modelos**. 1ª ed. Campinas: Universidade Federal do ABC, 2012.

BIFFI, Lorena Carolina Rosa; DA SILVA, Breno Gabriel; TRIVIZOLI, Lucieli Maria. Uma Contextualização Histórica Para O Modelo Clássico De Malthus. **Hipátia**, v. 3, n. 2, p. 8–24, dez. 2018.

IBGE. **Censo Demográfico 2022: primeiros resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KLÜBER, Tiago Emanuel; BURAK, Dionísio. Concepções de Modelagem Matemática: Contribuições Teóricas. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 17-34, 2008.

KONO, Frank Augusto Micheletto. **Um modelo de representação computacional baseado em conceitos de crescimento urbano associados a alvarás e primitivas em banco de dados espacial**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2016.

OLIVEIRA, Camila Fogaça de. **Modelagem matemática do crescimento populacional: um olhar à luz da socioepistemologia**. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) — Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Londrina, 2011.

OLIVEIRA FILHO, Francisco de Assis. **Aplicação dos modelos de dinâmica populacional de Malthus e Verhulst na microrregião de Caxias**. p. 95–126. In: PAIVA JÚNIOR, Francisco P. de (Org.). *Trilhas monográficas em foco*. Belém: RFB Editora, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46898/rfb.9786558894650.4>.

PAIVA JÚNIOR, Francisco Pessoa de, MARCOLINO, Raimundo dos Santos, FALCÃO, Danilo Lima, LEITE, Jefferson Cruz dos Santos, **Modelagem Matemática e Epidemiologia com Aplicações**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2021.

PONTE, João Pedro, BROCARD, Joana, OLIVEIRA, Helia. **Investigações matemáticas na sala de aula**. 2ª. Ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

HISTÓRICO

Submetido:12 de Dezembro de 2025

Aprovado:13 de Agosto de 2026

Publicado:10 de Setembro de 2026