



Evento: XXVI Jornada de Pesquisa

MODELAGEM MATEMÁTICA DO CONTÁGIO DE COVID-19, POR MEIO DE REGRESSÃO POLINOMIAL, NO ESTADO DE SÃO PAULO, DE FEVEREIRO DE 2020 A JULHO DE 2021¹

MATHEMATICAL MODELING OF COVID-19 CONTAGION, THROUGH POLYNOMIAL REGRESSION, IN THE STATE OF SÃO PAULO, FROM FEBRUARY 2020 TO JULY 2021

Leandra Rodrigues², Airam Sausen³, Maurício de Campos⁴, Paulo Sérgio Sausen⁵

¹ Artigo científico desenvolvido em disciplina do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, na UNIJUÍ;

² Estudante do Curso de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

⁵ Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ.

RESUMO

Neste artigo é apresentada a modelagem matemática como estratégia para analisar os dados do contágio da COVID-19, no estado de São Paulo. A modelagem é realizada através de regressões polinomiais e os dados de contágio da doença são obtidos de *website* do estado considerando o período de 74 semanas, ou seja, de fevereiro de 2020 à julho de 2021. A modelagem matemática e simulação dos modelos são realizadas com o auxílio da ferramenta *Excel*. A verificação do ajuste dos modelos em relação aos dados reais é feita através do coeficiente de correlação (R^2), e a validação dos modelos ocorreu através do cálculo do erro absoluto entre os resultados simulados pelos modelos e os dados reais. A regressão polinomial de terceiro grau foi a mais acurada apresentando $R^2 = 99,66\%$, e erro igual a 5,11%.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Regressão Polinomial. Covid-19. Pandemia.

ABSTRACT

This paper presents the mathematical modeling as strategy to analyze the COVID-19 contagion data, in the state of São Paulo. The modeling is performed using polynomial regressions and the disease contagion data are obtained from the state website considering the period of 74 weeks, that is, from february 2020 to july 2021. The mathematical modeling and simulation of the models are performed using the Excel tool. The adjustment verification of the models in relation to the real data is done through the correlation coefficient (R^2), and the models validation occurred through the absolute error calculation between the results simulated by the models and the real data. A third-degree polynomial regression was the most accurate showing $R^2 = 99,66\%$, and error equal to 5,11%.

Keywords: Mathematical Modeling. Polynomial Regressions. Covid-19. Pandemic.



INTRODUÇÃO

O coronavírus, da família *Coronaviridae*, pode contaminar homens e animais causando uma variedade de doenças, principalmente no trato respiratório. As partículas virais são esféricas, com cerca de 125 nm de diâmetro e revestidas por um envelope fosfolipídico. O genoma de RNA de fita simples e senso positivo contém entre 26 a 32 quilobases e está associado a proteínas, formando o nucleocapsídeo. As partículas apresentam projeções que emanam do envelope em forma de espículas, formadas por trímeros da proteína S (*Spike Protein*). Essas projeções geram um aspecto de coroa, daí a denominação coronavírus. A proteína S é responsável pela adesão do vírus nas células do hospedeiro (UZUNIAN, 2020).

Esse vírus sofreu mutações ao longo dos anos, e o sétimo tipo a ser caracterizado como agente principal de doenças respiratórias em seres humanos foi denominado de SAR-CoV-2. Ele foi inicialmente encontrado em pacientes com pneumonia na província de Hubei, na cidade de Wuhan na China, entre novembro de 2019 à janeiro de 2020. Os primeiros casos da doença, foram ligados a um mercado de frutos do mar e de animais silvestres vivos na cidade de Wuhan, que tem aproximadamente de 59 milhões de habitantes (CHEN et al, 2020; SILVA et al, 2021).

A doença por ele desencadeada foi chamada de COVID-19, e em 11 de março de 2020, devido a sua disseminação pelo mundo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou o estado de “Pandemia”. Nesse sentido, ocorreu uma demanda de trabalho e qualificação dos profissionais da área da saúde, pois houve a necessidade de atuação direta no enfrentamento da crise (BEDFORD et al, 2020). Nessa perspectiva, todos os países tiveram que planejar e intervir, seguindo as diretrizes da OMS, com o objetivo de priorizar a saúde de sua população. As medidas de enfrentamento à doença eram principalmente: distanciamento social, higienização das mãos, e uso obrigatório de máscaras; para que assim houvesse a eficácia no combate à COVID-19.

Muitos países criaram forças-tarefa, grupos de pesquisa, comitês consultivos, conselhos científicos, para definir medidas e tomar ações para minimizar os problemas causados pela COVID-19. Aliado a isso, os modelos matemáticos tem um papel importante (BASSANEZI, 2010), pois auxiliam na análise e verificação do comportamento da transmissão do vírus, no contágio da doença, no número de infectados, e a partir dos resultados obtidos, através de análises e discussões, é possível elaborar estratégias para diminuir a transmissão e o impacto causado pela doença.



Nesse contexto, neste artigo é apresentado o desenvolvimento de dois modelos matemáticos, o primeiro através de uma regressão linear, e o segundo através de uma regressão polinomial de terceiro grau, com o objetivo de descrever a contágio pela COVID-19 da população do estado de São Paulo (SP). Os dados de contágio da doença foram obtidos de *website* do estado, considerando o período de 74 semanas, ou seja, de fevereiro de 2020 à julho de 2021, trazendo como hipótese de estudo a análise da quantidade de pessoas infectadas pela COVID-19, naquele período. A modelagem matemática e simulação dos modelos foram realizadas com o auxílio da ferramenta *Excel*. A verificação do ajuste dos modelos em relação aos dados reais foi feita através do coeficiente de correlação (R^2), e a validação dos modelos ocorreu através do cálculo do erro absoluto entre os resultados simulados pelos modelos e os dados reais.

METODOLOGIA

A presente pesquisa possui natureza qualitativa e quantitativa, tendo como fontes de pesquisa: sites, páginas especializadas em saúde, artigos científicos e periódicos, bem como os conhecimentos obtidos nas aulas do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional (PPGMMC) da Unijuí.

Os dados coletados são do estado de SP a partir de *website* do estado, e compreendem o número de pessoas infectadas pela COVID-19 de fevereiro de 2020 à julho de 2021, ou seja, desde o registro da primeira pessoa contaminada até o número de contaminados nos dias atuais.

A análise do comportamento dos dados é realizada através de uma planilha Excel, onde é possível identificar a melhor representação matemática que pode ser utilizada como modelo para descrever os dados, ou seja, nesse caso são as regressões polinomiais.

Identificada essa representação, dois modelos matemáticos que descrevem o contágio da COVID-19 da população do estado de SP foram obtidos utilizando a ferramenta Excel, uma regressão linear e uma regressão polinomial de 3º grau.

Por fim, o coeficiente de correlação (R^2) dos modelos, que quantifica o ajuste do modelo aos dados reais é apresentado, e os modelos são validados a partir do cálculo do erro absoluto entre os resultados simulados pelos modelos e os dados reais.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 é apresentado o mapa do estado de SP, onde estão organizados todos os seus municípios e a evolução do contágio da COVID-19.

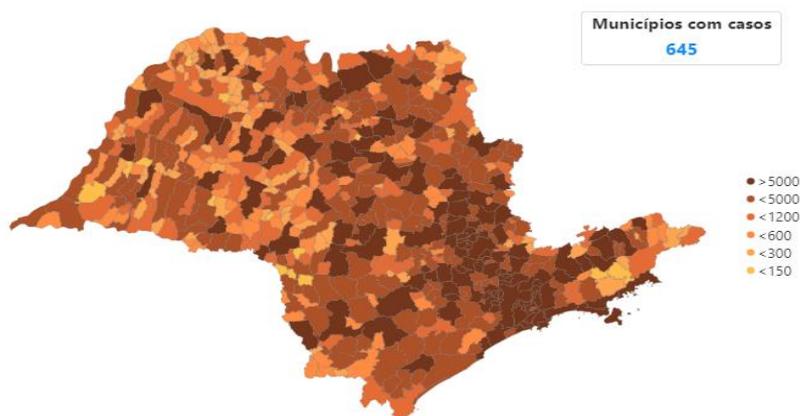


Figura 1: Mapa do estado de São Paulo.
Fonte: <https://www.seade.gov.br>

Na Figura 2 é apresentada a curva que descreve os dados coletados mostrando o crescimento da doença COVID-19 (i.e., contaminação) desde o início da pandemia, ou seja, de janeiro de 2020 até julho de 2021, no estado de SP. Ao realizar a análise detalhada dessa curva é observado que o comportamento dos dados no gráfico, no período considerado, pode ser representado por uma regressão polinomial.

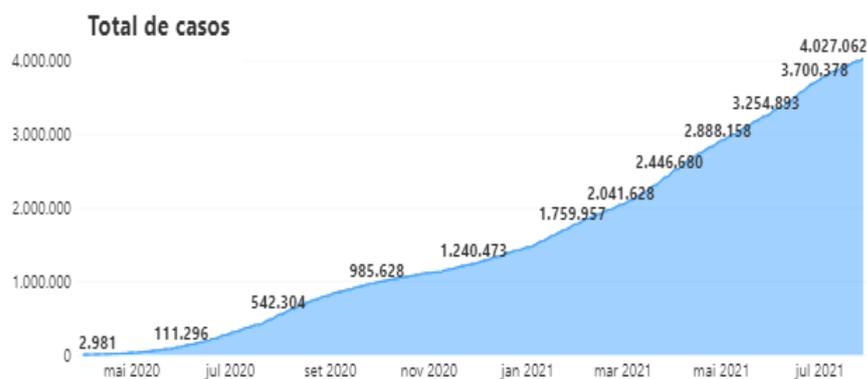


Figura 2: Dados da evolução do contágio da Covid-19 no estado de SP.
Fonte: <https://www.seade.gov.br>



Então, após análises são escolhidos dois modelos matemáticos para descrever o contágio pela COVID-19 no estado de SP, ou seja, uma regressão linear e uma regressão polinomial de 3º grau. Na Figura 3 é apresentada a curva obtida pela regressão linear (i.e., em vermelho), considerando dos dados em semanas, ou seja, da semana 0 até a semana 71, que é dada por:

$$y(x) = 57603x - 651386$$

onde: x representa a semana, e y representa o número de contaminados no período considerado. Pode-se observar, no gráfico, através do coeficiente de correlação R^2 que o ajuste dos dados é de 95,09%.

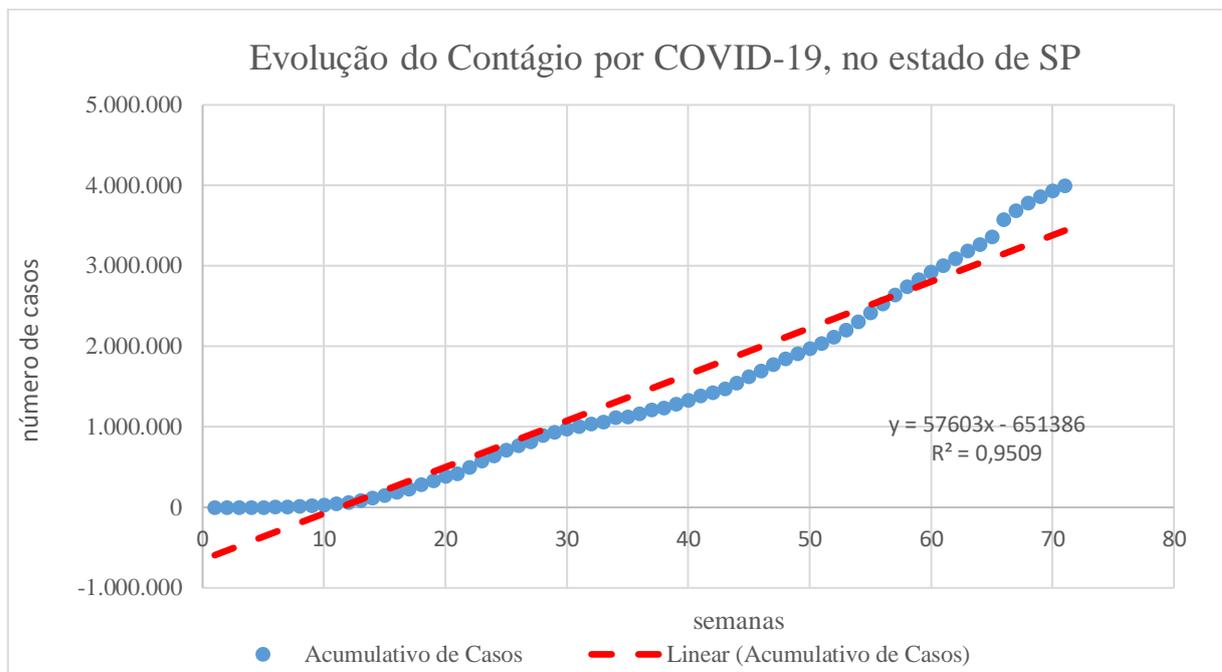


Figura 3: Gráfico de evolução do contágio por Covid-19 no estado de SP.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 1 são apresentadas as previsões do modelo matemático, obtidas através da validação da regressão linear, na qual é realizado o cálculo do erro absoluto, considerando as semanas seguintes aquelas utilizadas para a construção do modelo (i.e., da semana 72 a 74). Observou-se erros entre 12% e 14%, com erro médio de 13,40%.



Tabela 1: Predições de número de contágios por COVID-19 a partir da regressão linear.

Predições			
Semana	Dados Reais	Dados do Modelo	Erro%
72	4.057.868	3.496.030	13,86
73	4.113.741	3.553.633	13,61
74	4.138.421	3.611.236	12,74

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 4 é apresentada a curva da regressão polinomial de 3º grau considerando dos dados da semana 0 até a semana 71, dada por:

$$y(x) = 4,92x^3 + 151,90x^2 + 23804x - 148289$$

onde: x representa a semana, e y representa o número de contaminados no período considerado. Pode-se observar, no gráfico, através do coeficiente de correlação R^2 que o ajuste dos dados é de 99,66%.

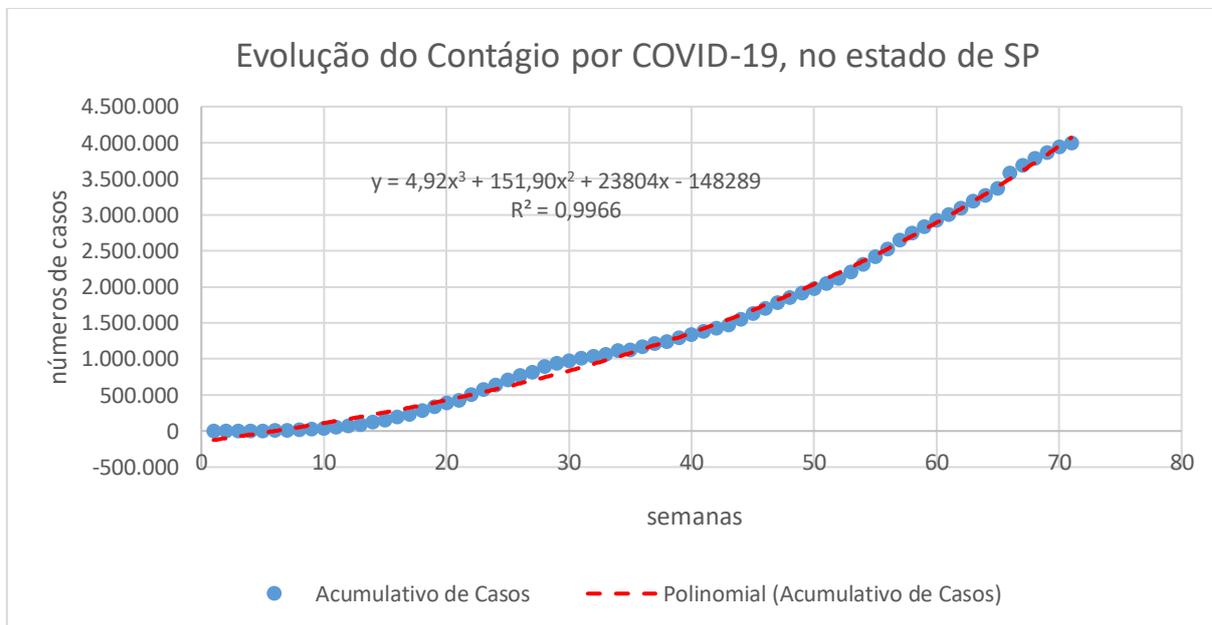


Figura 4: Gráfico da evolução do contágio por Covid-19 no estado de SP.

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 2 são apresentadas as predições do modelo matemático obtidas através da validação da regressão polinomial de 3º grau, na qual é realizado o cálculo do erro absoluto,



considerando as semanas seguintes aquelas utilizadas para a construção do modelo (i.e., da semana 72 a 74). Observou-se erros entre 3% e 7,5%, com erro médio de 5,11%.

Tabela 2: Predições de número de contágios por COVID-19 a partir regressão de 3º grau.

Predições			
Semana	Dados Real	Dados do Modelo	Erro%
72	4.057.868	4.189.429	3,24
73	4.113.741	4.312.842	4,84
74	4.138.421	4.438.713	7,26

Fonte: Elaborado pela autora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho é apresentada uma metodologia capaz de, a partir de dados oficiais coletados de *website* do estado de SP, realizar a modelagem matemática do contágio da COVID-19 através de uma regressão linear e de uma regressão polinomial de 3º grau. Os dados reais utilizados consideraram o período de fevereiro de 2020 à julho de 2021. É importante ressaltar que os resultados apresentados neste documento são teóricos, obtidos de forma objetiva, com base na aplicação da modelagem matemática.

A pesquisa em questão mostrou através dos dados coletados que o aumento do número de casos da doença COVID-19 se comporta de maneira crescente, e que modelo matemático obtido através da regressão polinomial de 3º grau representou de forma satisfatória a contaminação por COVID-19 no estado de SP, com coeficiente de correlação R^2 de ajuste do modelo igual a 99,66%, e no processo de validação com erro médio de 5,11%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 3. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2010.

BEDFORD, J.; Enria, D.; Giesecke, J.; Heymann, D. L.; Ihekweazu, C.; Kobinger, G. **COVID-19: towards controlling of a pandemic**. The Lancet, v. 395, Issue 10229, p. 1015-1018, 2020.



CHEN, Ze Liang et al. **Distribution of the Covid-19 epidemic and correlation with population emigration from Wuhan, China.** Chinese Medical Journal, v. 133, Issue 9, p. 1044-1050, 2020.

SILVA, F.C.; Zamprogna, K.M.; Souza, S.S.; Silva, D.H.; Sell D. **Isolamento social e a velocidade de casos de covid-19: medida de prevenção da transmissão.** Revista Gaúcha Enfermagem, Porto Alegre, n. 42(esp); e20200238, 2021.

UZUNIAN, A. **Coronavírus SARS-CoV-2 e Covid-19.** Jornal Brasileiro de Medicina e Patologia Laboratorial, Rio de Janeiro, n. 56, p. 1-4,2020.