

MODELAGEM MATEMÁTICA ESTATÍSTICA SOBRE A EVOLUÇÃO DA COVID-19: UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL ANTES E DEPOIS DO INÍCIO DA VACINAÇÃO

CASTRO, Júnia Gabrielly Alves¹; ALVES, Richard Archimedes²; LIMA, Vinícius Pedro Damasceno³; COSTA, Luzia Aparecida da⁴

¹Estudante do curso Licenciatura em Matemática, do IFMG – Campus Formiga, voluntário pesquisa (PIVIC). E-mail: juniacaastro.eng@gmail.com.

²Estudante do curso Licenciatura em Matemática, do IFMG – Campus Formiga, voluntário pesquisa (PIVIC). E-mail: richardarchimedes@gmail.com.

³Estudante do curso Licenciatura em Matemática, do IFMG – Campus Formiga, voluntário pesquisa (PIVIC). E-mail: vinicius.damasceno1004@gmail.com.

⁴Professora orientador do IFMG – *campus* Formiga. E-mail: luzia.costa@ifmg.edu.br

Resumo: Desde o início de 2020 a Covid-19 se mostrou um dos maiores problemas de saúde no Brasil e no mundo. Diante disso, esse projeto de pesquisa procura analisar as regiões Sul e Sudeste do Brasil, como também os períodos anterior e posterior ao início da vacinação. Com a finalidade de atingir esses objetivos, foram coletados dados de infectados e óbitos pela Covid-19 nos estados das regiões já citadas e foi feita uma análise estatística desses dados por meio do programa R, sendo elaborados modelos matemáticos sobre a evolução da Covid-19 por meio de métodos de regressão linear e analisado a progressão de casos e óbitos no decorrer dos dias. Ao fim da pesquisa, foi possível ver um declínio no número de mortes após um tempo depois do início da vacinação e que a região Sul apresentou um melhor êxito no combate a pandemia.

Palavras-chave: Covid-19. Modelos Matemáticos. Estatística.

1 INTRODUÇÃO

Ao final do ano de 2019, a humanidade se deparou com uma nova doença, a Covid-19. Já em 11 de março de 2020 essa doença atingiu o *status* de pandemia pela Organização Mundial de Saúde, diante dos níveis alarmantes de propagação e da gravidade da doença (OMS, 2020). Essa doença causou grandes impactos na sociedade. No Brasil, além do número de mortes já ter passado de 682 mil (OMS, 2022), houve um recorde de desempregados durante a pandemia (IBGE, 2021a) e uma grande defasagem na educação (ARAÚJO, 2021).

Diante desse contexto, o presente projeto buscou analisar matematicamente a evolução do vírus nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Isso, devido ambas apresentarem diferenças significativas, referente a cultura, às políticas, dentre outros aspectos. Para isso, buscou-se equacionar um modelo de Regressão Linear que relacionasse o número de infectados à quantidade de óbitos para cada estado das regiões citadas. Também procurou-se analisar a progressão da doença no decorrer do tempo.

É indubitável que compreender melhor a evolução desse novo coronavírus por meio de modelos matemáticos estatísticos pode auxiliar a definir as melhores decisões a fim de minimizar suas consequências. Ao comparar duas regiões distintas, podem ser observados os impactos de certos fatores externos e as melhores formas de enfrentamento adotadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi estudado o Modelo de Regressão Linear Simples, no qual o valor do coeficiente linear ($\hat{\alpha}$) e do coeficiente angular ($\hat{\beta}$) da função linear (\hat{y}_i):

$$\hat{y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}x_i$$

É dado por:

$$\hat{\alpha} = \bar{y} - \hat{\beta}\bar{x}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}$$

Adiante buscou-se coletar e organizar os dados de cada estado das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Além disso, foram produzidos gráficos e feita a análise estatística dos dados coletados por meio do sistema R, que é uma linguagem de programação e um ambiente computacional. Foram criados Modelos de Regressão Linear Simples que relacionavam o número de casos à quantidade de mortes.

Para observar quão bem os dados se ajustam a linha de regressão encontrada foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2):

$$R^2 = \frac{\text{Variância Explicada}}{\text{Variância Total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Seu valor varia de 0 à 1. Quanto mais próximo de 1, melhor será o modelo encontrado e quanto mais próximo de 0, pior será o modelo.

Para mais, foram elaborados gráficos de dispersão sobre a quantidade de casos e óbitos no decorrer dos dias e todos os dados foram estudados e comparados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coletamos dados que correspondem ao período de 01/01/2020 à 05/11/2021. Através deles buscou-se elaborar um modelo linear que relacionasse a quantidade de casos com a quantidade de óbitos, os quais podem ser encontrados a seguir:

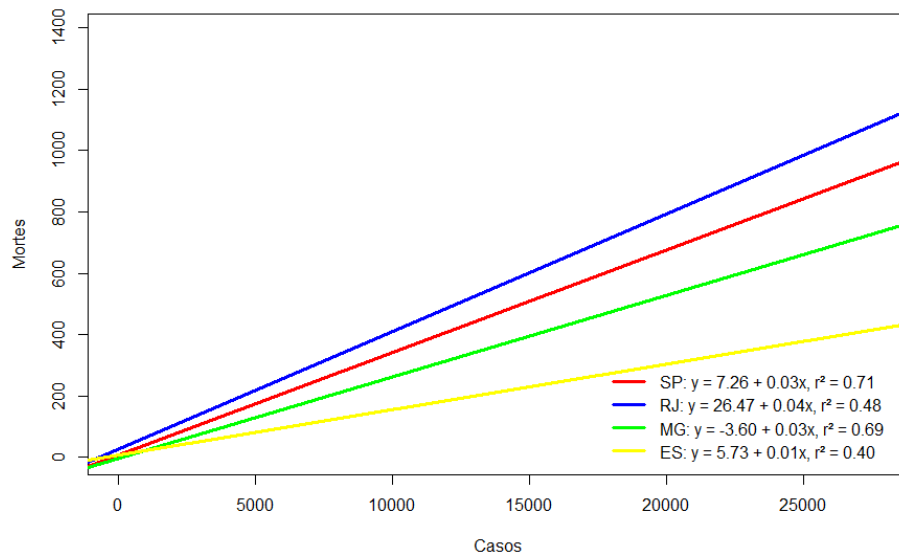


Gráfico 1- Modelos de Regressão Linear de mortes em função de casos para a região Sudeste
Fonte: Autoria própria.

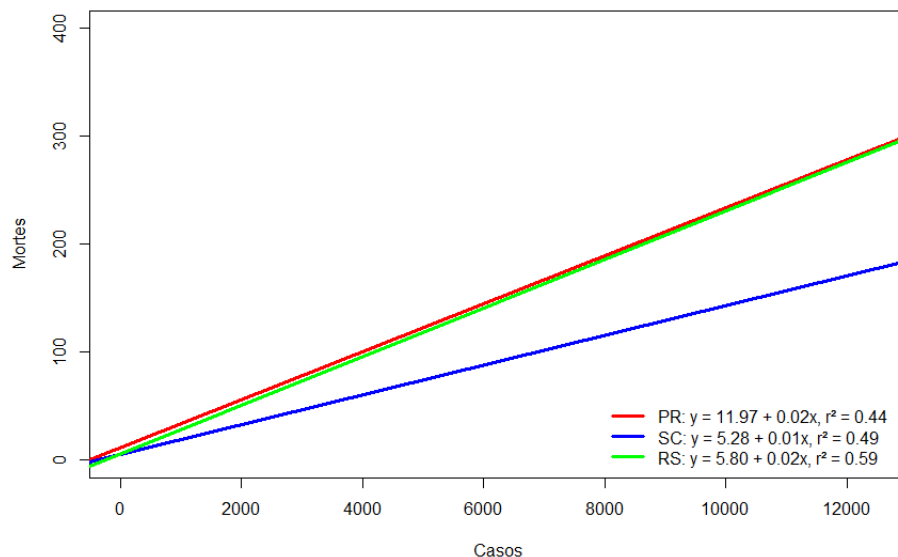


Gráfico 2- Modelos de Regressão Linear de mortes em função de casos para a região Sul
Fonte: Autoria própria.

Diante dos gráficos é possível notar que em todos os estados as mortes sofrem maior impacto com o aumento dos casos uma vez que os coeficientes angulares são todos positivos. Dessa forma, o modelo matemático condiz com o esperado. De modo geral é perceptível que a região Sul se saiu melhor que a Sudeste, tendo menores coeficientes angulares.

Referente a região sudeste é possível perceber que o Rio de Janeiro (RJ) apresentou o maior coeficiente angular, podendo interpretar que ele obteve uma maior quantidade de mortes em relação ao número de casos. Sendo notório que o RJ ultrapassou o número de óbitos do estado de São Paulo (SP) durante certo período (CAMPBELL, 2021), mesmo tendo menos da metade da população de SP (IBGE, 2021b). Destoando dos demais estados da

região, o Espírito Santo (ES) obteve a menor inclinação da reta. Algo que pode tanto estar relacionado a ele ter a menor população da região (IBGE, 2021b), quanto pelas políticas públicas adotadas, sendo destaque em relação a transparência no combate à Covid-19 (TRANSPARÊNCIA INTERNACIONAL, 2020).

Já para região Sul pode-se ver que Santa Catarina (SC) apresenta o menor coeficiente angular e de acordo com a análise de Mattei (2021) é o estado que apresenta o segundo menor coeficiente de mortalidade na região Sul, mesmo estando com o maior número de casos.

Também foi observado a progressão do número de casos e óbitos ao longo do tempo. No exemplo do Gráfico 3, referente ao RJ, a vacinação iniciou por volta do dia 18/01/2021 (dia 385 na representação gráfica). Após certa parcela da população ser vacinada é possível ver uma diminuição grande no número de casos e mortes, algo visível nos últimos 100 dias aproximadamente do gráfico.

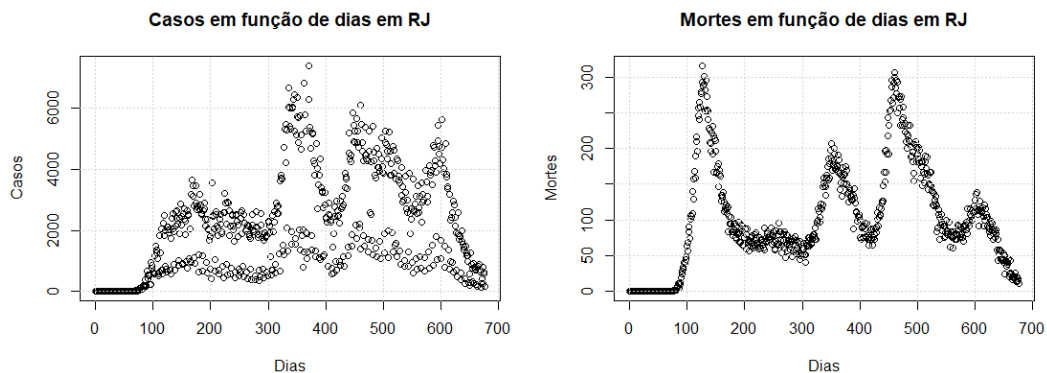


Gráfico 3- Progressão do número de casos e de mortes em função de dias no RJ
Fonte: Autoria própria.

Também foi possível relacionar que quando o aumento ou a diminuição no número de mortes não condiz diretamente com a progressão do número de casos o coeficiente de determinação (R^2) é menor. Isso pode tanto ser algo bom ou ruim, como em relação a região Sudeste, os estados do ES e do RJ obtiveram um R^2 baixo. No Gráfico 3 do RJ é possível ver que o maior pico do número de mortes ocorreu no início da pandemia diferente do maior pico do número de casos.

4 CONCLUSÕES

Diante da realização deste trabalho foi verificada a eficácia da vacinação com a redução de casos no período final do gráfico com a progressão de casos e mortes. Também foi observado a utilização do R^2 como um fator que mostra a disparidade entre a progressão do

número de casos e a quantidade de óbitos ao longo do tempo. Além disso, notou-se que os estados com coeficientes angulares menores obtiveram um certo êxito no combate a pandemia. Dessa forma, os estados que se saíram melhor aparentemente foram os da região Sul e o ES da região Sudeste.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Ana Lídia. Pandemia acentua déficit educacional e exige ações do poder público. **Agência Senado**. 2021. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/07/pandemia-acentua-deficit-educacional-e-exige-aco-es-do-poder-publico>. Acesso em: 23 abr. de 2022.

CAMPBELL, Tatiana. Por que a cidade do Rio superou São Paulo em mortes por covid-19. **UOL**, Rio de Janeiro, 2021. Coronavírus. Disponível em:

<https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2021/02/06/por-que-a-cidade-do-rio-superou-sao-paulo-em-mortes-por-covid-19.htm>. Acesso em: 11 jun. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Desemprego**. Brasil. 2021a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/desemprego.php>. Acesso em: 23 abr. de 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Brasil. 2021b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

MATTEI, Lauro. **A análise da evolução da Covid-19 em SC por parte do governo estadual está equivocada**. NECAT – UFSC. 2021. Disponível em: <https://necat.ufsc.br/a-analise-da-evolucao-da-covid-19-em-sc-por-parte-do-governo-estadual-esta-equivocada/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

OMS. Coronavirus (COVID-19) Dashboard. **World Health Organization**. 2022. Disponível em: <https://covid19.who.int/table>. Acesso em: 23 abr. 2022.

OMS. Listings of WHO’s response to COVID-19. **World Health Organization**. 2020. Disponível em: Acesso em: 23 abr. de 2022.

TRANSPARÊNCIA INTERNACIONAL. **Ranking de transparência no combate à covid-19**, 2020. Disponível em: https://transparenciainternacional.org.br/ranking/?utm_source=TI&utm_medium=email&utm_campaign=Lan%C3%A7amento&utm_content=link-1#ranking. Acesso em: 22 jun. 2022.

Como citar este trabalho:

CASTRO, Júnia Gabrielly Alves; ALVES, Richard Archimedes; LIMA, Vinícius Pedro Damasceno; COSTA, Luzia Aparecida da. Modelagem Matemática Estatística sobre a evolução da Covid-19: uma comparação entre as regiões Sul e Sudeste do Brasil antes e depois do início da vacinação. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO (SemPI), V., 2022. Formiga. **Anais eletrônicos** [...]. Formiga: IFMG – *Campus* Formiga, 2022. Disponível em: <https://www.formiga.ifmg.edu.br/seminarios/>.