

## Análise da Pandemia de COVID-19 em Pelotas

### Analysis of the COVID-19 Pandemic in Pelotas

Gustavo Braz Kurz<sup>1</sup>, Daniela Buske<sup>1</sup>, Régis Sperotto Quadros<sup>1</sup>,  
Glênio Aguiar Gonçalves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

#### RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma análise da situação dos casos de contaminação da população pelo vírus SARS-CoV-2, durante a pandemia de COVID-19, na cidade de Pelotas, no sul do Rio Grande do Sul. Utilizando um modelo matemático do tipo compartimentado simples e determinístico, apresenta-se uma projeção do número de casos até o final do ano de 2020, considerando 3 diferentes cenários. A evolução da pandemia considerando curvas de casos acumulados, recuperados, ativos e óbitos; a ocupação dos leitos de UTI exclusivos COVID; casos e óbitos por semana epidemiológica e a variação do número efetivo de reprodução e do percentual de isolamento social em Pelotas, também será apresentado.

**Palavras-chave:** COVID-19; Modelos epidemiológicos; Modelagem matemática

#### ABSTRACT

This work presents an analysis of the cases contamination situation by the SARS-CoV-2 virus during the pandemic COVID-19, in the city of Pelotas, in the south of Rio Grande do Sul. Using a simple compartmentalized mathematical model and deterministic, a projection of the number cases until the end is presented, year 2020, considering 3 different scenarios. The evolution of pandemic considering curves of accumulated, recovered, active and Deaths; the occupation of COVID exclusive ICU beds; cases and deaths per epidemiological week and the variation in the effective number of reproduction and the percentage of social isolation in Pelotas will also be presented

**Keywords:** COVID-19; Epidemiological models; Mathematical modeling

## 1 INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 trouxe muitos problemas e desafios para a população em geral e os seus governantes. Dentre elas, destacam-se a sobrecarga do sistema de saúde, o fechamento de escolas e estabelecimentos comerciais, o gerenciamento e alocação de recursos que permitam o adequado enfrentamento da doença e principalmente, entender a dinâmica de propagação do vírus até então pouco conhecido.

Os coronavírus são um grupo de vírus conhecidos desde meados dos anos 1960 e a maioria das pessoas se infecta com os coronavírus comuns ao longo da vida. Eles são uma causa comum de infecções respiratórias brandas a moderadas de curta duração. O SARS-CoV-2 (do inglês, Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2) é o coronavírus mais recentemente descoberto. Inicialmente recebeu a denominação de 2019-nCoV, mas, no dia 11 de fevereiro de 2020, passou a ser chamado de SARS-CoV-2. O vírus foi isolado no dia 7 de janeiro de 2020 e detectado primeiramente na cidade chinesa de Wuhan. Antes dessa identificação, a China já havia informado a Organização Mundial de Saúde (OMS), no dia 31 de dezembro de 2019, da ocorrência de uma pneumonia de causa desconhecida. A primeira morte ocorrida em decorrência desse novo vírus aconteceu no dia 11 de janeiro de 2020. Rapidamente a doença, que ficou conhecida por COVID-19 (do inglês, Coronavirus Disease 2019), alastrou-se pelo planeta. Em março de 2020, todos os continentes já haviam sido afetados e em 11 de março de 2020, a OMS declarou que a COVID-19 é uma pandemia.

A modelagem de doenças infecciosas é uma ferramenta que tem sido utilizada para estudar os mecanismos pelos quais as doenças se espalham, para prever o curso futuro de um surto e avaliar estratégias para controlar uma epidemia. Publicações recentes projetam que o período da pandemia de COVID-19

se estenderá até 2024 Ver Kissler e Lipsitch (2020), o que torna ainda mais importante o estudo de modelos matemáticos de epidemias, pois estes se tornarão ferramentas que ajudarão no entendimento e desenvolvimento de estratégias para vigiar o avanço da epidemia e tomada de decisões que afetarão a população.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise da situação da cidade de Pelotas, no sul do Rio Grande do Sul, durante a pandemia de COVID-19. Além disso, utilizando um modelo matemático, é apresentada uma estimativa do número de casos até o final de 2020, considerando 3 cenários distintos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho é utilizado um modelo compartimentado simples, determinístico, conhecido como SIR (Suscetível-Infetado- Recuperado), que relaciona o surgimento de uma epidemia a um valor crítico do número de suscetíveis ver Kermack e Mckendrick (1991a),Kermack e Mckendrick (1991b),Kermack e Mckendrick (1991c). O modelo matemático epidemiológico foi bem- sucedido em prever e predizer a evolução de epidemias quando confrontado com a disseminação observada de outras epidemias documentadas, como a gripe espanhola, por exemplo.

Esse modelo matemático, considerado robusto para modelar epidemias como a de COVID-19, mostra o comportamento de uma população suscetível (S), infectada (I) e recuperada (R). O conjunto de equações mais simples é dada por:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N} \frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I \frac{dR}{dt} = \gamma I \quad (1)$$

onde  $\beta$  e  $\gamma$  são positivos, sendo  $\beta$  a taxa de infecção e  $\gamma$  a taxa de recuperação dos indivíduos, e  $N = S + I + R$  é o total da população.

No modelo SIR temos que suscetíveis são os indivíduos ainda não expostos e que podem adquirir a infecção, infectados são aqueles indivíduos infectados, sintomáticos ou não, que podem transmitir para outras pessoas e recuperados/removidos são os indivíduos que se infectaram e se recuperaram, adquirindo imunidade ou os que vieram a óbito em decorrência da doença.

Um parâmetro relevante em modelos epidemiológicos como o SIR é a reprodutibilidade basal, medida pelo parâmetro  $R_0$  (também conhecido como taxa de reprodução e dado por  $R_0 = \frac{\beta}{\gamma}$ ) e significa o número médio de pessoas que são infectadas a partir de um único indivíduo. Se  $R_0 < 1$ , então o número de infectados será decrescente e a epidemia se erradicará. No caso em que  $R_0 > 1$  a epidemia persistirá na população ver No caso em que  $R_0 > 1$  a epidemia persistirá na população ver Delamater e Jacobsen (2019).

## 2.1 A região de estudo

A região de estudo é a cidade de Pelotas, no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. Pelotas registrou oficialmente o primeiro caso de COVID-19 em 25 de março de 2020. Em 19 de maio, a cidade contava com 50 casos e após quinze dias, já eram 103 infectados. Ao completar 3 meses após a notificação do primeiro caso confirmado, o total de infectados era de 218. Nos meses subsequentes os casos acumulados seguiram crescendo, atingindo 5.210 casos em 24 de outubro. Já o primeiro óbito em decorrência de complicações causadas pela COVID-19 na cidade de Pelotas foi registrado em 20 de junho e em 24 de outubro este número chegou a 151 óbitos.

Com a notificação dos primeiros casos de COVID-19 no estado do RS, se iniciaram as mobilizações a fim de criar estratégias de prevenção e enfrentamento à pandemia. A UFPel e as principais universidades emitiram notas públicas em 13

de março anunciando a suspensão das aulas a partir do dia 16 do mesmo mês. Em seguida, escolas tanto da rede pública quanto privada anunciaram a suspensão das aulas sendo que a rede estadual paralisou suas atividades no dia 19 de março. O comércio adotou restrições em 19 de março, fechando alguns setores, em 01 de abril essas regras se ampliaram e em 20 de abril houve a retomada gradual e a reabertura do comércio em todo o estado.

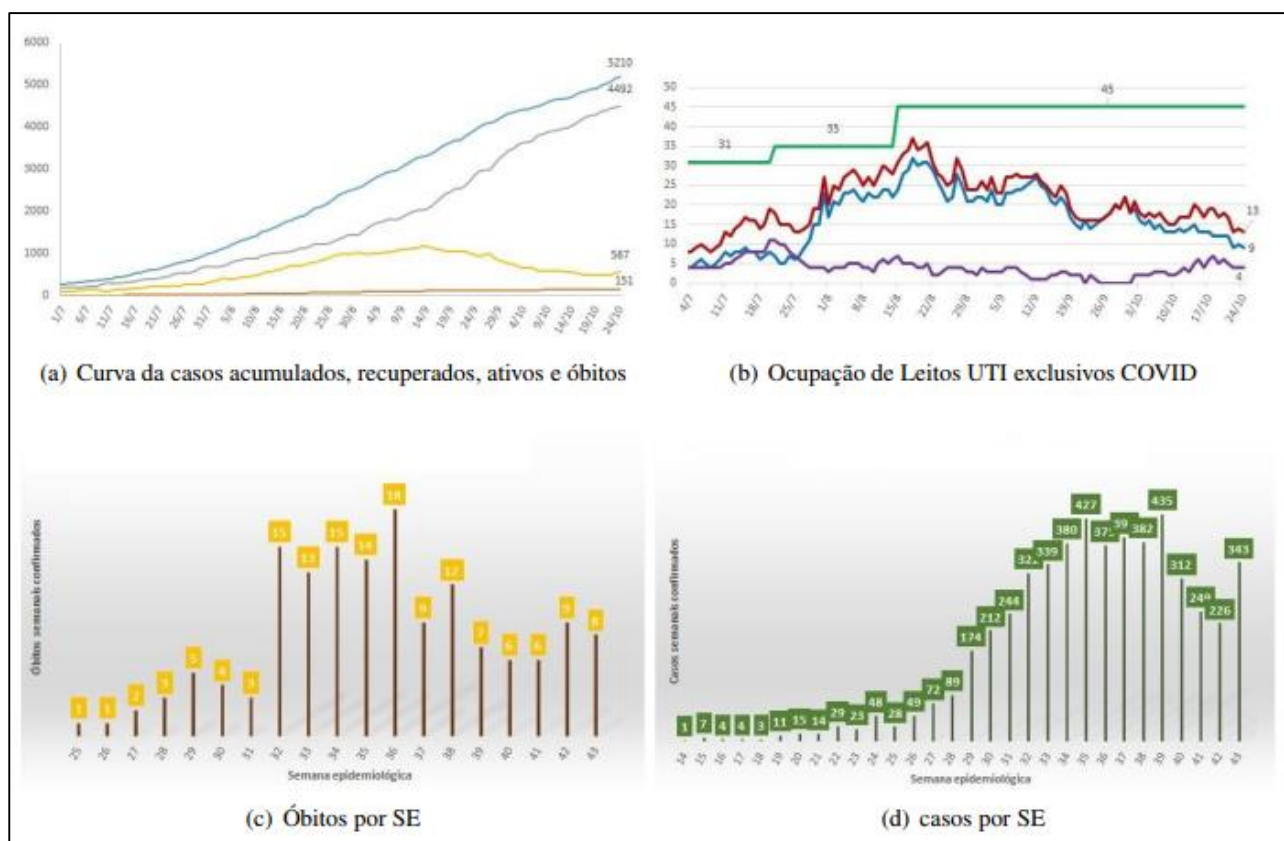
A partir de 11 de maio o governo do estado do RS colocou em prática o modelo de distanciamento social controlado, dividindo o estado em 20 regiões. Semanalmente, a cada uma das regiões é designada uma cor de bandeira indicativa de risco (amarela, laranja, vermelha e preta), a qual é definida através de alguns indicadores, sendo os principais a propagação e a capacidade de atendimento do sistema de saúde. Cada bandeira determina os protocolos que devem ser seguidos em cada setor, ver o modelo em Governo do Rio Grande do Sul (2020). Pelotas, neste período, até 24 de outubro, manteve-se 16 semanas na cor laranja, 5 semanas na cor vermelha (de 06 a 19 de julho e de 10 a 30 de agosto) e 3 semanas na cor amarela (de 08 a 21 de junho e de 12 a 18 de outubro).

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 Análise de dados**

Apresenta-se uma análise dos 7 meses da pandemia em Pelotas / RS, usando como base os dados divulgados diariamente pela Secretaria Municipal de Saúde de Pelotas e disponibilizado nas suas redes sociais e no site oficial da Prefeitura Municipal. O período considerado nas análises vai de 25 de março a 24 de outubro. Após 238 dias, percebe-se que a epidemia segue crescendo na cidade, tendo 5.210 casos confirmados e 151 óbitos em 24 de outubro. A Figura 1 abaixo, mostra o panorama geral da Pandemia em Pelotas.

Figura 1 – Panorama da COVID 19 em Pelotas



Fonte: Autores (2020)

Ao completar 7 meses de pandemia, Pelotas possuía 4.492 pessoas recuperadas (86%) e 567 casos ativos (11%). Observa-se um decréscimo significativo no número de casos ativos ao longo do mês de outubro, e um novo aumento de casos após o dia 20 de outubro.

O pico de casos por semana epidemiológica (SE), até o momento, deu-se na SE 39 (de 20 a 26 de setembro), com 435 casos confirmados de COVID-19. O aumento do número de casos na SE 43 (de 18 a 24 de outubro) pode ser devido a uma maior flexibilização na cidade durante a bandeira amarela, entre outros fatores. A incidência por 100.000 habitantes em 24 de outubro é de 1.522 casos. O perfil dos infectados aponta que 43% são do sexo masculino e 57% do sexo feminino. Os profissionais da saúde são o grupo mais afetado pela COVID-19 em Pelotas, com 17,62% dos casos, seguido do grupo dos aposentados que totalizam 12,96%.

Na SE 36 (de 30 de agosto a 05 de setembro), Pelotas teve o maior número de óbitos registrado até o momento, 18. A mortalidade por 100.000 habitantes em 24 de outubro é de 44,1 óbitos e a taxa de letalidade é de 2,9%. A contínua redução no número de óbitos pode indicar um declínio da curva epidêmica. Precisa-se acompanhar as próximas semanas para que se possa afirmar com certeza que a curva está em declínio.

Analisando a ocupação dos leitos nos hospitais da cidade, observa-se nos gráficos que o pico de internações em UTI e enfermaria ocorreu na SE 34, nos dias 18 e 19 de agosto. Após este período, tem-se um decréscimo na ocupação de leitos. Como a dinâmica de transmissão se altera durante o desenvolvimento da epidemia, uma forma de medir esta variação é não utilizar o  $R_0$  como medida estática, mas sim analisar como ele muda dependendo do comportamento e das ações dos gestores para a diminuição do contágio. Essa medida do  $R_0$  é chamada de número de reprodução diário, ou número efetivo de reprodução,  $R_t$ .

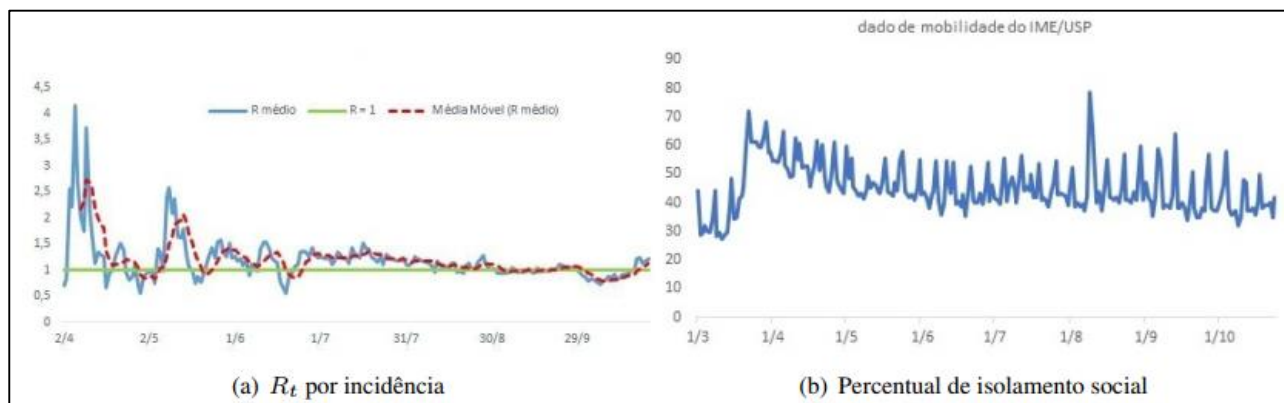
Da mesma forma que acontece com o  $R_0$ , valores de  $R_t$  inferiores a 1 indicam controle da epidemia. Os valores de  $R_t$  para Pelotas, apresentados na Figura 2(a), foram calculados através de um modelo parametrizado para epidemias Cori e Cauchemez (2013). Este modelo leva em conta a incidência de casos notificados. Assim, a interpretação de um valor de  $R_t$  menor do que 1 deve ser feita com cautela. Em 24 de outubro, Pelotas tinha um  $R_t = 1,21$  com média móvel de 1,13.

Os valores do número de reprodução diário estão correlacionados com a mobilidade ou isolamento da população. A Figura 2(b) mostra o percentual de isolamento social da população de Pelotas, dados fornecidos pela InLoco e IME/USP (<https://www.ime.usp.br/pedrosp/covid19/>). Atingimos um pico de 72% de isolamento social da população no final de março, e atualmente este valor é de 42%. Este isolamento social (entre as SE 13 e 14, de 22 de março a 04 de abril) reflete em valores de  $R_t$  abaixo de 1 (conforme a figura anterior). Com o retorno das atividades

de comércio no final de abril, o isolamento social diminuiu, ou seja, a mobilidade aumentou e conseqüentemente o  $R_t$  voltou a crescer.

Na Figura 2 apresenta-se o gráfico do  $R_t$  e do percentual de isolamento social na cidade de Pelotas desde o início da pandemia.

Figura 2 –  $R_t$  e percentual de isolamento social



Fonte: Autores (2020)

### 3.2 Estimativa

Abaixo segue o gráfico da projeção de casos até o dia 31 de dezembro para a cidade de Pelotas. No modelo epidemiológico SIR, foi considerada uma taxa média de reprodução diária  $R_t$  de 1,13 (valor da média móvel em 24 de outubro) e um período de infecção de 5,2 dias. Se a taxa de crescimento seguir como está, estima-se que até o dia 31 de dezembro, Pelotas tenha em torno de 10.000 casos confirmados de COVID-19. Num cenário em que o  $R_t$  aumente 10%, a cidade poderá ter aproximadamente 13.000 infectados. Num cenário em que R diminua 10%, a cidade poderá ter aproximadamente 8.500 infectados.

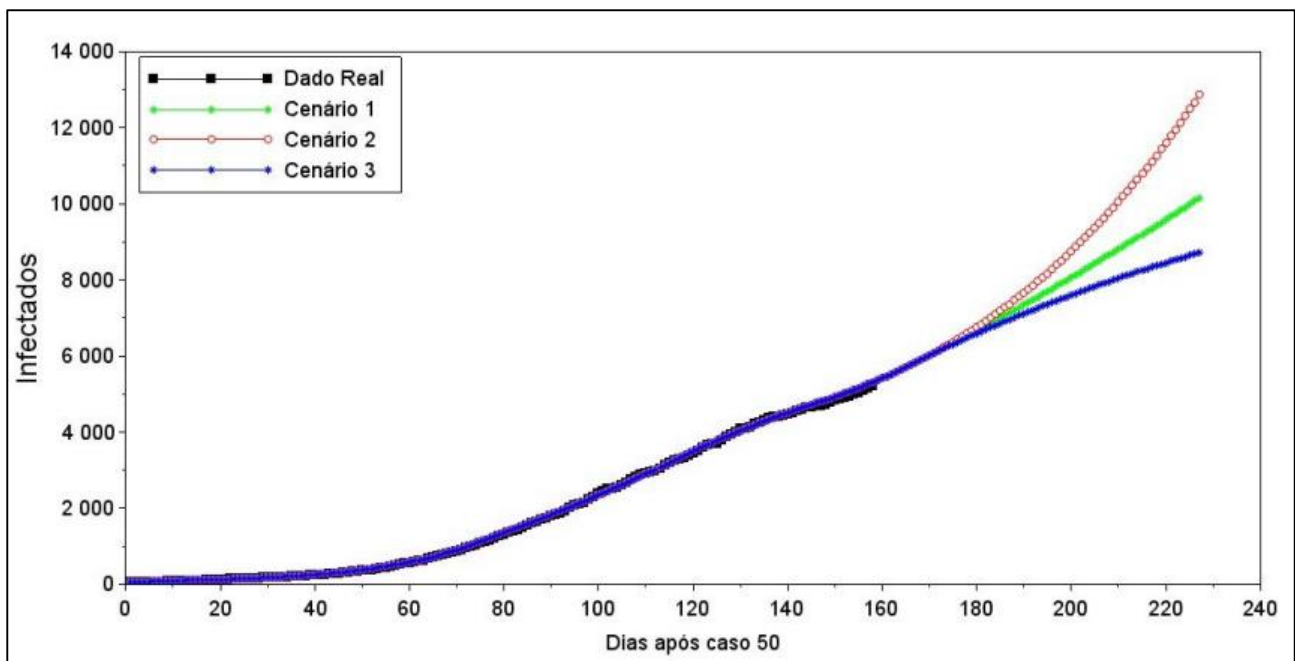
## 4 CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se uma análise da situação dos casos de contaminação pelo vírus SARS-CoV-2, durante a pandemia de COVID-19, na cidade



de Pelotas, no sul do Rio Grande do Sul. Cabe ressaltar que mesmo havendo uma redução aparente da epidemia, a vigilância de SARS-CoV-2 deve ser mantida, porque um ressurgimento do contágio ainda é grande e tanto o entendimento quanto o enfrentamento da COVID-19 continua sendo um grande desafio a nível mundial. Outras análises de dados e estimativas para a cidade de Pelotas, podem ser encontradas no site do Grupo de Dispersão de Poluentes Engenharia Nuclear da UFPel (GDISPEN - <https://wp.ufpel.edu.br/fentransporte/covid-19-graficos-com-relacao-ao-rs/covid-19-pelotas/>) (BUSKE *et al.*, 2020).

Figura 3 – Projeções da COVID-19 para Pelotas



Fonte: Autores (2020)

## REFERÊNCIAS

- Cori, N. M. F. C., A. Ferguson, Cauchemez, S. A. (2013). New framework and software to estimate time-varying reproduction numbers during epidemics. **American Journal of Epidemiology**, 178, 1505–1512.
- Delamater, S. E. J. L. T. F. Y. Y. T., P. L., Jacobsen, K. H. (2019). Complexity of the basic reproduction number ( $r_0$ ). **American Association for the advancement of Science**, 25, 1–4.

Governo do Rio Grande do Sul (2020). **Modelo de distanciamento controlado do RS**. Governo do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, URL <https://sistema3as.rs.gov.br/inicial>.

Kermack, W., Mckendrick, A. (1991a). Contributions to the mathematical theory of epidemics-i. **Bulletin of Mathematical Biology**, 53, 33–55.

Kermack, W., Mckendrick, A. (1991b). Contributions to the mathematical theory of epidemics-ii. the problem of endemicity. **Bulletin of Mathematical Biology**, 53, 57–87.

Kermack, W., Mckendrick, A. (1991c). Contributions to the mathematical theory of epidemics-iii. further studies of the problem of endemicity. **Bulletin of Mathematical Biology**, 53, 89–118.

Kissler, T. C. G. E. G. Y., S. M., Lipsitch, M. (2020). Projecting the transmission dynamics of sars-cov-2 through the post pandemic period. **American Association for the advancement of Science**, 138, 860–868.

## CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

### 1 – Gustavo Braz Kurz

Pós-graduando em Modelagem Matemática pela UFPel

<https://orcid.org/0000-0002-8774-2394> - [eduardosbnobrega@gmail.com](mailto:eduardosbnobrega@gmail.com)

Contribuição: Desenvolvimento teórico da metodologia, implementação em Scilab do modelo SIR, projeção e análise dos resultados.

### 2 – Daniela Buske

Pós-doutora em Engenharia Nuclear pela UFRGS e Professora da UFPel

<https://orcid.org/0000-0002-4573-9787> - [danielabuske@gmail.com](mailto:danielabuske@gmail.com)

Contribuição: Desenvolvimento teórico da metodologia, implementação em Scilab do modelo SIR, projeção e análise dos resultados.

### 3 – Régis Sperotto de Quadros

Doutor em Matemática Aplicada pela Technische Universität Darmstadt (Alemanha)

e Professor do Departamento de Matemática e Estatística da UFPel

<https://orcid.org/0000-0002-9720-8013> - [quadros99@gmail.com](mailto:quadros99@gmail.com)

Contribuição: Desenvolvimento teórico da metodologia, implementação em Scilab do modelo SIR, projeção e análise dos resultados.

### 4 – Glênio Aguiar Gonçalves

Pós-doutor pela UFRGS e Professor da UFPel participante do Programa de Pós-

Graduação em Modelagem Matemática

<https://orcid.org/0000-0001-7321-3742> - [gleniogoncalves@yahoo.com.br](mailto:gleniogoncalves@yahoo.com.br)

Contribuição: Desenvolvimento teórico da metodologia, implementação em Scilab do modelo SIR, projeção e análise dos resultados.

## Como citar este artigo

KURZ, G. B.; et al. Análise da Pandemia de COVID-19 em Pelotas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 43, Ed. Esp. X ERMAC, e9, p.1-11, 2021. DOI 10.5902/2179460X66994. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X66994>. Acesso em: 5 nov. 2021.