Latin American Data in Science, v.1, n.2
datainscience.com.br
ISSN: 2763-9290

Dados georreferenciados da pandemia de COVID-19 para o estado do Rio Grande do Sul: Casos positivos reportados e previsões simuladas.

Georeferenced data from the COVID-19 pandemic for the state of Rio Grande do Sul: Reported positive cases and simulated forecasts.

Recebido: 29/06/2021 | Aceito: 21/10/2021 | Publicado: 12/11/2021
https://doi.org/10.53805/lads.v1i2.23

Adriano De Cezaro[*1], Dinalva A. Sales[2], Jean Marcel A. Espinoza[3], Joice C. Marques[2], Matheus J. Lazo[2], Paulo Victor A. Brito[2], Deivid Cristian L. Alves[4]

RESUMO

Nesta contribuição descrevemos como os dados referente ao número de casos positivos para COVID-19, reportados em cada um dos 21 agrupamentos estabelecidos pela secretaria de saúde pública do estado do Rio Grande do Sul (RS), entre os meses de Março de 2020 e Junho de 2021, são obtidos, georreferenciados e utilizados como suporte para a modelagem matemática proposta, a qual descreve de maneira preditiva a evolução da COVID-19 no estado. Tal conjunto de dados epidemiológicos, bem como as informações da progressão da COVID-19 provenientes da modelagem matemática são armazenadas em um banco de dados como parte do projeto "Exactum - Núcleo Transdisciplinar de Teoria, Modelagem, Tecnologia e Educação de Combate a Surtos, Endemias, Epidemias e Pandemias".

Palavras-chave: Dados georreferenciados; Modelagem matemática; COVID-19; Previsão; Rio Grande do Sul.

[1] Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil. decezaromtm@gmail.com.
[2] Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil.
[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Caçador, Brasil.
[4] Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Jardim, Brasil.

ABSTRACT

In this contribution, we present the dataset of COVID-19 reported positive cases in each of the 21 groups established by the Public Health Secretary of the State of Rio Grande do Sul (RS) between March 2020 and June 2021. We further describe how such a dataset is obtained, georeferenced, and used to support the proposed mathematical modeling, aimed to forecast, the evolution of the COVID-19 in the state. Such epidemiological data set, as well as the forecasted information of the COVID-19 from mathematical modeling are stored in a database as part of the project “Exactum - Transdisciplinary Nucleus of Theory, Modeling, Technology, and Education for Combating Outbreaks, Endemics, Epidemics, and Pandemics”.

Keywords: Georeferenced data; Mathematical modeling; COVID-19; Prediction; Rio Grande do Sul.

IMPORTÂNCIA DOS DADOS

- Fornece a previsão, em três cenários distintos, do número de infectados nos 21 agrupamentos de saúde do estado do RS, para um período de 28 dias;
- Auxilia gestores na tomada de decisões com base nas previsões de disseminação da COVID-19 através de modelo matemático;
- Facilita a compreensão dos resultados através da divulgação de previsões do número de infectados pela COVID-19 por meio de *WebSIGs* (Sistema de Informação geográfico *on line*).

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho são apresentadas as metodologias de organização, aquisição e processamento dos dados do número de infectados pelo Sars-Cov-2 oficialmente reportados pela Secretaria de Saúde do estado do RS e disponibilizados em meio eletrônico <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19/>, entre Março de 2020 e Junho de 2021. Além disso, demonstramos como tal conjunto de dados são utilizados para a calibragem de parâmetros para uma modelagem matemática da disseminação da doença nos 21 agrupamentos de saúde do estado, que resulta em um conjunto de dados preditivos de três cenários distintos para a propagação da COVID-19, no RS, em um horizonte de 28 dias, a partir de uma data base dos dados de casos positivos reportados. Tal conjunto de dados preditivos podem ser utilizados pelas autoridades de saúde como meio auxiliar na tomada de decisão para medidas de controle e combate a disseminação da COVID-19 e estes ficam disponíveis para acesso através de mapas interativos (WebSIGs) com a distribuição espacial dos casos projetados. Neste manuscrito, apresentaremos uma pequena amostra dos dados coletados e armazenados, bem como dos dados projetados, cujo conjunto completo se encontra no repositório https://github.com/exactum-furg ou como material complementar a este manuscrito.

De forma simplificada, os processos descritos acima podem ser representados pelo seguinte fluxograma:

Organização e Processamento dos dados geográficos: Casos positivos para COVID-19 reportados

Primeiramente, realizamos o processo de construção do plano de informação geográfica do Rio Grande do Sul (RS), que correspondem a primeira etapa do fluxograma apresentado na Figure. 1. Para tal, utilizamos apenas os dados referentes a fontes oficiais, no formato *shapefile* (IBGE(a), 2019) e pelo Sistema de Recuperação Automática (IBGE(b), 2019). Estas informações foram utilizadas como base da divisão territorial e demográfica dos municípios do RS e reorganização na forma de blocos regionais ou clusters, contemplando os 21 agrupamentos de saúde previstos pelo plano de distanciamento social elaborado pelo governo estadual, tendo como base as informações fornecidas pelo Portal de Planejamento, Orçamento e Gestão da Saúde do RS (COMITÊ DE DADOS COVID-19 CORONAVÍRUS, 2019). Na Figure 2 é possível visualizar essa divisão geográfica.

Figura 1. Fluxograma representativo das etapas envolvidas no trabalho.

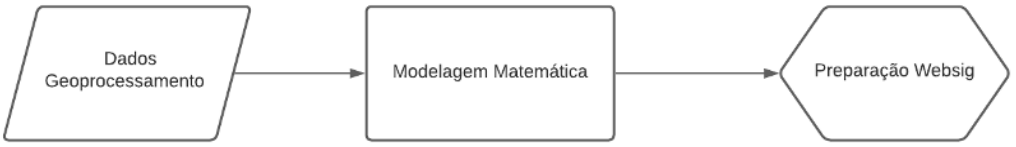


Figura 2. Mapa representando os 21 agrupamentos de saúde, estabelecidos pelo governo do RS.



Posteriormente, os dados reportados de casos positivos para COVID-19 de cada um dos 21 agrupamentos (equivalentemente, das 30 regiões de saúde, como exemplificado pela descrição apresentada na Tabela 1), entre Março de 2020 e Junho de 2021, disponibilizados pelo

Painel Coronavírus - RS (https://ti.saude.rs.gov.br/covid19/) (SES/RS, 2020), são acessados diariamente. Os dados de casos positivos acumulados são baixados e organizados em uma planilha Excel, de forma georreferenciada. A Tabela 1 serve como exemplo de como tais dados georreferenciados são organizados, em um horizonte de tempo específico. O georreferenciamento dos dados permite vinculá-los as características de cada um dos 21 agrupamentos de saúde que são utilizados como dados de entrada para a modelagem matemática. Tais características dos agrupamentos de saúde contemplam a população, a área, o nome do agrupamento, o código das regiões que compunham cada agrupamento e o número de infectados reportados (nº de casos positivos de COVID-19 reportados). Veja os detalhes na Tabela 1. Com esses dados é possível calcular variáveis importantes para o estudo como: novos casos acumulados da semana, densidade populacional e total de infectados reportados para cada um dos agrupamentos, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis utilizadas no processo de organização dos dados georreferenciados.

Regiões	Agrupamentos	N° Mun.	Área km²	População	Densidade	Sítios	Reportados dia 24/03	Reportados 31/03 Data t0 modelagem
R01 R02	Santa Maria - A1	32	26535,20	270865	10,21	245	765	1812
R03	Uruguaiana - A2	11	41475,58	395831	9,54	388	464	1894
R04 R05	Capão da Canoa - A3	23	8766,41	458551	52,31	84	97	1608
R06	Taquara - A4	8	5896,09	236699	40,15	54	189	999
R07	Novo Hamburgo - A5	15	1337,51	902777	674,97	13	775	2410
R08	Canoas - A6	18	2733,80	727179	266,00	26	848	3141
R09	Guaíba - A7	19	11093,46	323594	29,17	106	240	1560
R10	Porto Alegre - A8	6	2893,78	2125191	734,40	27	642	5757
R11	Santo Ângelo - A9	24	15396,88	265271	17,23	142	125	848
R12	Cruz Alta - A10	13	8805,18	178743	20,30	84	193	583
R13	Ijuí -A11	20	7267,98	229464	31,57	66	209	741
R14	Santa Rosa - A12	22	5774,34	415175	71,90	53	152	634
R15 R20	Pal. das Missões - A13	52	11052,07	363139	32,86	101	270	1118
R16	Erechim - A14	33	6628,44	299323	45,16	63	127	609
R17 à R19	Passo Fundo - A15	62	19552,53	655264	33,51	176	477	1929
R21	Pelotas - A16	22	34902,26	998250	28,60	333	216	1896
R22	Bagé - A17	6	15192,96	152731	10,05	142	65	528
R23 à R26	Caxias do Sul - A18	49	18880,02	1247004	66,05	174	555	3974
R27	Cachoeira do Sul - A19	12	12063,63	202303	16,77	116	159	820
R28	Santa Cruz do Sul - A20	13	7467,65	634963	85,03	66	438	1532
R29 R30	Lajeado -A21	37	4922,09	340656	69,21	48	434	1948

O último passo na aquisição e processamento dos dados reportados de pessoas infectadas pela COVID-19 é a preparação dos mesmos para a utilização na modelagem matemática. Para tal, utilizamos um fator de conversão/pixel com o objetivo de padronizar o tamanho espacial de saída da célula (resolução espacial) de dados rasters (formato vetorizado) gerados pela conversão de formatos. Para uma padronização de tal fator, adotamos a relação combinada entre os centroides da forma poligonal de cada agrupamento e a sua área máxima, sendo utilizado assim num fator de conversão no valor de 0.1, o que resulta numa resolução espacial de 10x10 km célula/pixel. Tal resolução foi a que melhor se adaptou à geometria dos agrupamentos de saúde, respeitando assim seu formato original. Este processo permite organizar o banco de dados das pessoas infectadas pela COVID-19 coletados do Painel Coronavírus, para cada um dos 21 agrupamentos de saúde, disponíveis em formato de tabela e, por processamento, alimentam arquivos do tipo vetorial (shapefiles) que são convertidos em matrizes com registro de coordenadas (raster). Finalmente, o banco de dados é transformado em formato ASCII para posterior utilização como condições iniciais para a modelagem matemática.

Cabe salientar que os dados referentes ao número de infectados reportados são acessados e baixados do Painel Coronavírus diariamente às 18h. Posteriormente, estes são agrupados pelo acumulado semanal, de forma a corrigir os eventuais erros relacionados aos dados reportados aos finais de semana. Assim, para cada nova data base definida, tem-se o número de casos semana a semana partindo da semana inicial.

Modelagem matemática

Nesta seção descreveremos como os dados reportados de infectados pela COVID-19, cuja descrição e georreferenciamento foram detalhados na seção acima, são utilizados para a projeção da evolução da pandemia no RS. Nessa etapa, assumiremos que a dinâmica de evolução da pandemia se dá pelo sistema acoplado em uma estrutura espacial (modelo compartimental do tipo SIR com interação de múltiplas populações e sem dinâmica vital (HETHCOTE, 2000), distribuído por uma rede bidimensional de mapas acoplados (RMA) (HASSEL; COMINS; MAY, 1991) composta de 68x83 sítios (nomenclatura associada a cada célula (pixel)), em que cada um dos sítios (i,j) desta rede é representada por coordenadas inteiras, dada da seguinte forma:

$$\dot{S}_{i,j,t} = -S_{i,j,t}\left(\beta_{i,j,t} I_{i,j,t} + \sum_{(\hat{i},\hat{j})\in V_{i,j}} \beta_{\hat{i},\hat{j},t} I_{\hat{i},\hat{j},t}\right)$$

$$\dot{I}_{i,j,t} = S_{i,j,t}\left(\beta_{i,j,t} I_{i,j,t} + \sum_{(\hat{i},\hat{j})\in V_{i,j}} \beta_{\hat{i},\hat{j},t} I_{\hat{i},\hat{j},t}\right) - \gamma_{i,j,t} I_{i,j,t}$$

$$\dot{R}_{i,j,t} = \gamma_{i,j,t} I_{i,j,t}\,.$$

onde, $\beta_{i,j,t}$ é a taxa de contato efetivo entre a fração de indivíduos Suscetíveis $S_{i,j,t}$ e Infectados ou Infecciosos $I_{i,j,t}$ dentro do mesmo sítio e $\beta_{\hat{i},\hat{j},t}$ é a taxa de contato a fração de indivíduos Suscetíveis $S_{i,j,t}$ e com indivíduos infecciosos $I_{\hat{i},\hat{j},t}$ dos sítios vizinhos, $V_{\hat{i},\hat{j}}$ para $\hat{i} \in \{1,\ldots,68\}$ ($\hat{i} \neq i$) e $\hat{j} \in \{1,\ldots,83\}$ ($\hat{j} \neq j$) e $\gamma_{i,j,t}$ é a taxa com que a fração dos indivíduos Infectados ou Infecciosos $I_{i,j,t}$ são Removidos ou Recuperados $R_{i,j,t}$. Assumimos ainda que a população total $N_{i,j}$, em cada um dos sítios é constante e composta pelas frações $S_{i,j,t}$, $I_{i,j,t}$ e $R_{i,j,t}$, a cada instante de tempo t.

As condições iniciais para o modelo, em cada sítio (i,j), são obtidas a partir da fração de casos reportados de infectados ou infecciosos $I_{i,j,t0}$ no instante t_0 (que corresponde ao instante de tempo em que os dados de novos casos acumulados semanais são acessados e georreferenciados, os quais utilizaremos como uma nova base de dados para a calibragem dos parâmetros do modelo acima), dadas pela relação

$$S_{i,j,t0} = 1 - I_{i,j,t0} - R_{i,j,t0},\ I_{i,j,t0} \geq 0,\ R_{i,j,t0} > 0,$$

onde $R_{i,j,t0}$ é a proporção acumulada de indivíduos removidos (recuperados ou mortos) durante todo o percurso da pandemia até o tempo t_0, uma vez que o modelo não considera reinfecção. Dessa forma, $S_{i,j,t0}$ corresponde a densidade populacional ainda não infectada, armazenada em cada célula do agrupamento.

Elaboração e geração do *WebSig*: Pós-processamento dos dados simulados

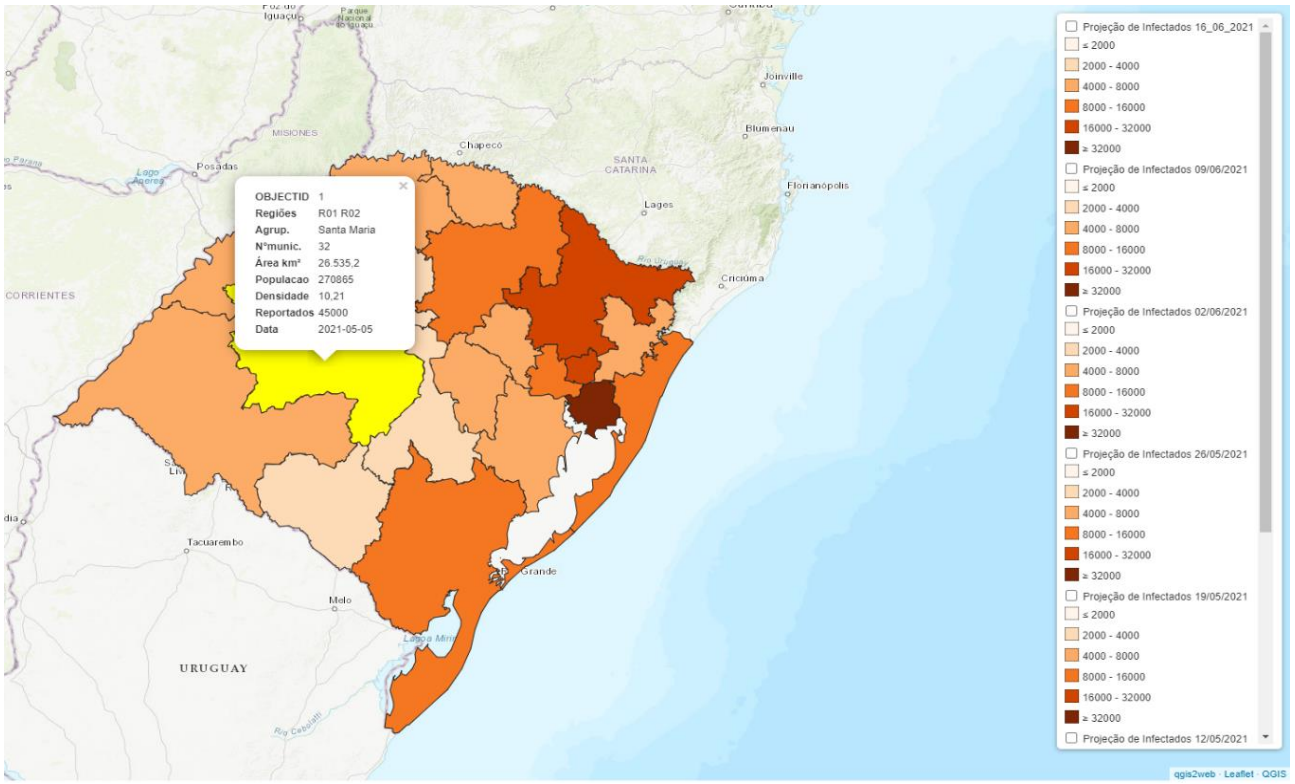
Nesta seção descreveremos como os dados preditivos advindos da etapa de modelagem são pós-processados e disponibilizados de forma interativa em uma plataforma *WebSig,* de forma que a informação fique acessível para consulta da população em geral, bem como, servindo como um guia para os gestores em saúde pública do RS.

Os dados das simulações relativos aos três cenários propostos (médio, otimista e pessimista) conjuntamente com os dados de casos positivos para COVID-19 reportados (Tabela 2), são importados para o software QGIS em formato ASCII e posteriormente convertidos em *raster.* Este processo permite que sejam extraídos os valores dos centroides de cada um dos 21 agrupamentos de saúde (para cada conjunto de dados preditivos ou reportados). De posse do valor dos centroides, alimenta-se um arquivo vetorial dos agrupamentos, contendo informações dos três cenários modelados e dos dados reportados na semana base que são disponibilizados na forma de um *WebSig*, conforme Figure 4, para cada cenário simulado. Cada *WebSig* contêm cinco camadas (l*ayers*), sendo a primeira a camada base, que corresponde aos dados reportados de casos positivos de COVID-19 utilizados como condições iniciais para as simulações numéricas e as outras quatro camadas referentes aos números de casos positivos para COVID-19, previstos pela modelagem, a cada uma das quatro semanas projetadas pela simulação.

Concluído a elaboração do mapa interativo, os *WebSigs* são importados para um repositório (no atual trabalho foi utilizado o GitHub https://github.com/exactum-furg) a fim de hospedá-los e adicioná-los no site do projeto (https://exactum.furg.br/). Sendo possível assim qualquer usuário do site ter acesso às informações sobre a COVID-19 no estado do Rio Grande do Sul, de forma gratuita e didática. Na Figure 4 abaixo, representamos de forma ilustrativa os dados descritos neste manuscrito, disponibilizados aos usuários na forma de *Websig em* https://exactum.furg.br/, para um cenário específico. *A*o clicar em cada um dos 21 agrupamentos o usuário pode conferir o número de infectados previstos para as datas disponíveis no lado direito da tela (conforme Fig. 4). Quando o usuário passa o mouse sobre a região de interesse, uma janela do tipo *pop-up* é aberta com as seguintes informações e atributos, algumas delas apresentadas nas Tabelas 1 e 2; **OBJECTID**: identificador da feição/elemento do mapa; **Regiões**: Regiões de Saúde definidas pela Secretaria Estadual da Saúde do Estado do Rio Grande do Sul; **Agrup.**: Agrupamentos RS estabelecidos pelo Modelo de Distanciamento Controlado do Rio Grande do Sul e utilizados pelo Painel Coronavírus RS; **N° munic.**: Número de municípios que compõem o agrupamento mapeado; **Área km²**: Área total do agrupamento conforme o arquivo vetorial municipal georreferenciado *(shapefile*) disponibilizado pelo IBGE; **População**: População agregada por agrupamento conforme a estimativa oficial do IBGE (atualização 2020); **Data**: Data referente ao número de casos confirmados para o agrupamento; **Intervalo:** Intervalo semanal referente aos dados reportados e, por consequência, o intervalo da projeção (modelagem); **Reportados**: Número de casos confirmados para o agrupamento no intervalo descrito para cada camada; **Discrep. %:** Razão entre a diferença do valor real e o valor projetado (modelagem) e o valor modelado. **Incidência:**

Razão entre o número de casos desde o início da pandemia (acumulados) e a população total de cada agrupamento. Ainda, multiplicamos essa razão por 100.000 de forma considerar incidência a cada 100.000 habitantes.

Figura 4. Representação do mapa interativo disponível ao usuário em < https://exactum.furg.br/mapas-interativos >.



DESCRIÇÃO DE DADOS

Cenários simulados: Conjunto de dados preditivos da disseminação da COVID-19 no RS.

Nesta subseção descreveremos como os dados prospectados do número de infectados reportados e a modelagem matemática proposta, descritos nas seções anteriores, podem ser usados para gerar dados preditivos da disseminação da COVID-19 no RS. Apresentaremos três cenários simulados, cujas previsões correspondem a um horizonte de 28 dias, como descritos a seguir:

Cenário com risco médio de contágio: Este cenário é gerado a partir da calibragem dos parâmetros do modelo, a saber, $\beta_{i,j}$, $\beta_{\hat{i},\hat{j}}$, $\gamma_{i,j}$ a partir dos dados reportados do número de infectados descritos na seção anterior, para cada um dos agrupamentos de saúde. Tal cenário descreve o número de infectados acumulados mais provável, no horizonte de tempo da previsão (28 dias, no nosso caso).

Cenário com alto risco de contágio: Este cenário é gerado a partir de um acréscimo percentual de 4% nas taxas de contágio interna $\beta_{i,j}$ de cada agrupamento. Este cenário busca mostrar o número de casos ativos para COVID-19 previstos, caso as medidas de controle, como uso de máscara e distanciamento social, entre outras, tem baixa adesão pela população.

Cenário com baixo risco de contágio: Este cenário é gerado a partir de um decréscimo percentual de 4% na taxa de contágio interna $\beta_{i,j}$ de cada agrupamento. Este cenário busca mostrar o número de casos ativos para COVID-19 previstos, caso as medidas de precaução estão sendo adotadas e levadas a sério por uma grande

parcela da população, fazendo com que a disseminação dos casos positivos não aumente de maneira tão rápida.

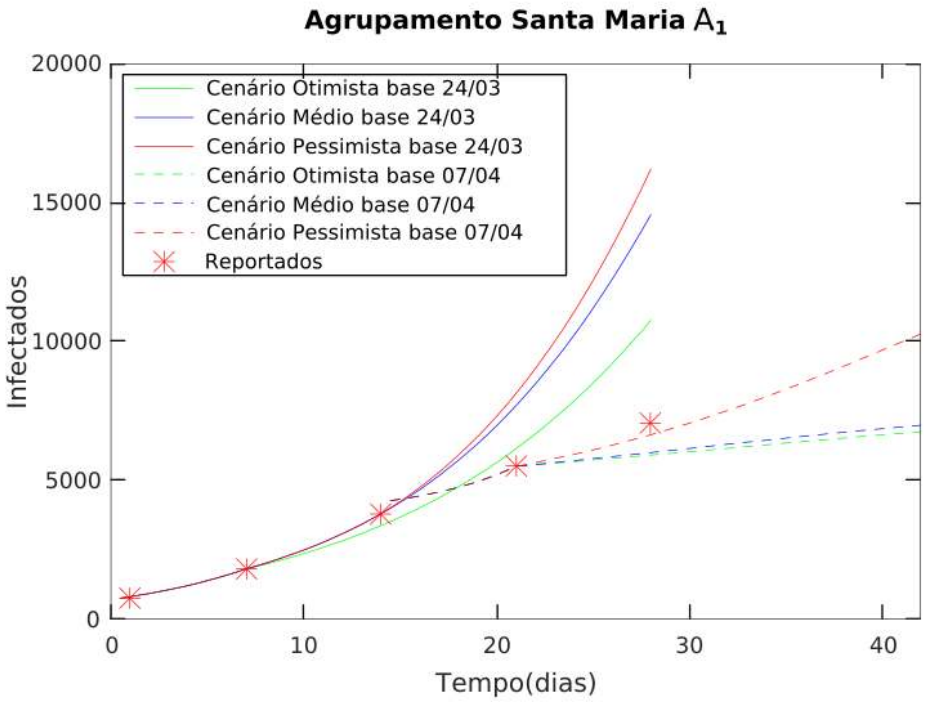
Os parâmetros do modelo (considerados constantes durante o período de 15 dias a partir da data base t_0) são ajustados com base nos dados de números de infectados reportados na semana t_0 e nas semanas posteriores pelo método de mínimos quadrados (CHAVENT, 2010) (por exemplo, dados que correspondem as duas últimas colunas da Tabela 1, sendo a última coluna a data base t_0). Disto, segue que os dados preditivos, correspondentes aos três cenários supracitados, são obtidos como resultado da dinâmica do modelo matemático apresentado acima, para um horizonte de 28 dias, a partir da data base t_0. A Tabela 2, representa tais dados projetados do número de infectados para as duas primeiras semanas de modelagem.

Tabela 2. Dados comparativos entres os dados projetados pela modelagem matemática e dados reportados para um horizonte de 15 dias a partir da data base t_0=31/03/21.

Agrup.	Reportados dia 07/04	Cenários previstos para 07/04			Reportados dia 14/04	Cenários previstos para 14/04		
		Médio	Otimista	Pessimista		Médio	Otimista	Pessimista
A1	3787	3797	3372	3810	5500	7718	6162	8156
A2	3622	3672	3302	3686	6046	6806	5612	7101
A3	3193	3131	2949	3272	4654	5337	4930	6065
A4	1640	1637	1465	1652	2649	2587	2123	2722
A5	4355	4260	3579	4237	6676	7309	5221	7558
A6	5374	5366	5048	5377	8000	8891	7949	9487
A7	3070	3045	2713	3075	4473	5467	4508	5759
A8	7744	7707	7406	7816	9990	9807	9209	11327
A9	1752	1726	1513	1718	2587	3220	2550	3458
A10	1196	1011	863	1007	1653	1692	1247	1721
A11	1299	1215	1165	1219	1873	1941	1794	1986
A12	1132	1116	1025	1107	1642	1900	1615	2001
A13	1994	1905	1727	1934	2632	3192	2655	3278
A14	1106	1112	1033	1111	1677	1972	1719	2053
A15	4264	4054	3499	4056	6232	8201	6207	8442
A16	3795	3755	3545	3828	5820	7496	6746	8162
A17	1331	1297	1222	1300	2068	2839	2569	2994
A18	7956	7769	7503	7818	11003	14198	13384	15311
A19	1514	1532	1466	1531	2179	2736	2530	2821
A20	2885	2808	2732	2776	4240	4954	4706	5147
A21	3402	3312	3082	3343	4311	5419	4761	5419

É importante notar que os dados reportados, para um horizonte de 15 dias a partir da data base t_0, estão englobados pelos dados projetados pelos três cenários propostos, mostrando que a modelagem matemática preditiva proposta serve como base para a tomada de decisões antecipadas. Veja os resultados apresentados na Tabela 2, bem como na Figura 3, em que exemplificamos para o agrupamento de Santa Maria.

Figura 3. Resultado de simulações dos três cenários para o Agrupamento Santa Maria.



Haja visto que as distintas ações das autoridades governamentais e de saúde pública frente ao enfrentamento da pandemia de COVID-19, foram tomadas de forma indiscriminada, é inesperado que a modelagem matemática, com parâmetros constantes seja capaz de modelar a dinâmica da disseminação da COVID-19 por um horizonte de tempo muito grande, uma vez que as taxas de contágio dependem, em essência, do contato entre pessoas. Desta forma, o processo de calibragem dos parâmetros é realizado a cada duas semanas (um novo conjunto de dados reportados é considerado como dados de base t_0) e as projeções são refeitas para mais um horizonte de 28 dias. A Figura 3 demonstra graficamente, e de forma de um exemplo, os dados projetados pela recalibragem dos parâmetros com relação aos dados reportados de infectados pela COVID-19, no agrupamento de saúde de Santa Maria, considerando os dados reportados em 31/03 como a primeira data base e os dados de 14/04 como data base para a recalibragem.

Banco de dados

Complementar a este manuscrito, na forma de material suplementar e no endereço https://github.com/exactum-furg, estão disponibilizados o conjunto de dados composto pela tabela nomeada “Tabela_Base_24032021.xlsx” a qual contém os dados modelados, onde, o significado dos dados alocados em cada uma das colunas estão descritas nas Tabelas 3 e 4. Além disso, existem três pastas com os respectivos cenários, médio (WEBSIG_COVID_24032021_MEDIO), otimista (WEBSIG_COVID_24032021_OTIMISTA) e pessimista (WEBSIG_COVID_24032021_PESSIMISTA). Em cada pasta é possível encontrar um script em hmtl nomeado “index.html” que é responsável por compilar a tabela de dados modelados e transformá-los em mapas georreferenciados através das aplicações WebSIG. Para visualização dos dados é necessário um navegador de internet e as pastas contendo os códigos css e java script, assim como, os dados necessários para reproduzir o WebSIG da modelagem estão nas pastas

disponibilizadas e nomeadas como “css (arquivos css e imagens), data (arquivos java script), images (vazia), js (arquivos java script), legend (imagens das legendas), markers (vazia) e webfonts (fontes do texto utilizados em formato True Type ttf)”.

Tabela 3. Nomenclatura utilizada no conjunto de dados descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1		
Tabela	**Nomenclatura**	**Definição**
Regiões	R01:R30	Regiões de Saúde definidas pela Secretaria Estadual da Saúde do Estado do Rio Grande do Sul, cujos agrupamentos correspondentes estão descritos nas Tabelas 1 e 2.
Agrupamentos	Santa Maria Uruguaiana Capão da Canoa Taquara Novo Hamburgo Canoas Guaíba Porto Alegre Santo Ângelo Cruz Alta Ijuí Santa Rosa Pal. Das Missões Erechim Passo Fundo Pelotas Bagé Caxias do Sul Cachoeira do Sul Santa Cruz do Sul Lajeado	Agrupamentos RS estabelecidos pelo Modelo de Distanciamento Controlado do Rio Grande do Sul e utilizados pelo Painel Coronavírus RS.
N Mun.		Número de municípios que compõem o agrupamento mapeado.
Área km²		Área total do agrupamento conforme o arquivo vetorial municipal georreferenciado (*shapefile*) disponibilizado pelo IBGE.
População		População agregada por agrupamento conforme a estimativa oficial do IBGE (atualização 2020).
Densidade		Resultado da razão entre a população e o número de pixels (sítios) de cada agrupamento.
Sítios		Número de pixels em que foi dividido o agrupamento.
Reportados dia 24/03		Número de infectados no dia 24/03 correspondente a cada agrupamento de saúde disponibilizados no Painel Coronavírus. Uma vez que os dados disponibilizados referem-se ao acumulado desde o início da pandemia o número exato do dia é obtido pela diferença entre os dias consecutivos 24/03 e 25/03 armazenado no banco de dados do projeto.
Reportados 31/03 data t0 da modelagem		Número de infectados no dia 31/03 correspondente a cada agrupamento de saúde disponibilizados no Painel Coronavírus. Dados utilizados como ponto de partida para modelagem.

Tabela 2		
Agrup.	A1:A21	Agrupamentos RS estabelecidos pelo Modelo de Distanciamento Controlado do Rio Grande do Sul e utilizados pelo Painel Coronavírus RS, que correspondem a descrição apresentada nas Tabelas 1 e 2.
Reportados dia 07/04		Número de infectados no dia 07/04 (a contar da data base) correspondente a cada agrupamento de saúde disponibilizados no Painel Coronavírus
Cenários previstos para 07/04	Médio	Número de infectados correspondente a cada agrupamento de saúde previsto pela Modelagem Matemática para o cenário com risco médio de contágio (definido no texto).
	Otimista	Número de infectados correspondente a cada agrupamento de saúde previsto pela Modelagem Matemática para o cenário com baixo risco de contágio (definido no texto).
	Pessimista	Número de infectados correspondente a cada agrupamento de saúde previsto pela Modelagem Matemática para o cenário com alto risco de contágio (definido no texto).
Reportados dia 14/04		Número de infectados no dia 14/04 (a contar da data base) correspondente a cada agrupamento de saúde disponibilizados no Painel Coronavírus.
Cenários previstos para 14/04	Médio	Número de infectados correspondente a cada agrupamento de saúde previsto pela Modelagem Matemática para o cenário com risco médio de contágio (definido no texto).
	Otimista	Número de infectados correspondente a cada agrupamento de saúde previsto pela Modelagem Matemática para o cenário com baixo risco de contágio (definido no texto).
	Pessimista	Número de infectados correspondente a cada agrupamento de saúde previsto pela Modelagem Matemática para o cenário com alto risco de contágio (definido no texto).

Tabela 4. Nomenclatura utilizada no conjunto de dados disponibilizados para gerar WebSIG.

Tabela	Nomenclatura	Definição
Cenário Médio		
OBJECTID	1:21	Identificação do polígono do *Shapefile*.
Regiões	R01: R30	Número das Regiões de Saúde definidas pela Secretaria Estadual da Saúde do Estado do Rio Grande do Sul, cujos agrupamentos correspondentes estão descritos nas Tabelas 1 e 2.
Agrup.	Santa Maria Uruguaiana Capão da Canoa Taquara Novo Hamburgo Canoas Guaíba Porto Alegre Santo Ângelo Cruz Alta Ijuí Santa Rosa Pal. Das Missões Erechim Passo Fundo Pelotas Bagé Caxias do Sul Cachoeira do Sul Santa Cruz do Sul Lajeado	Agrupamentos RS estabelecidos pelo Modelo de Distanciamento Controlado do Rio Grande do Sul e utilizados pelo Painel Coronavírus RS
N° munic.		Número de municípios que compõem o agrupamento mapeado.
Área km²		Área total do agrupamento conforme o arquivo vetorial municipal georreferenciado (*shapefile*) disponibilizado pelo IBGE.
Populacao		População agregada por agrupamento conforme a estimativa oficial do IBGE (atualização 2020).
Densidade		Resultado da razão entre a população e o número de pixels (counts) de cada agrupamento.
Count		Número de pixels em que foi dividido o agrupamento.
ACC_2303		Número de casos acumulados reportados, obtidos do Painel Coronavírus, na data 23/03 de 2021.
ACC_2403		Número de casos acumulados reportados, obtidos do Painel Coronavírus, na data 24/03 de 2021.
Dat2403		Data escolhida como data base para a modelagem matemática.
DAY_2403		Número de casos diários reportados, obtidos da subtração dos acumulados dos dias 24/03 e 23/03 do ano de 2021.

ACC_3103		Número de casos acumulados reportados, obtidos do Painel Coronavírus, na data 31/03 de 2021.
Inter7d	24/03/2021 a 31/03/2021	Datas consideradas no intervalo de 7 dias a contar da data base (24/03/2021)
Repo7d		Número de casos reportados na data 31/03/2021, contados 7 dias após a data base.
Mod7d		Densidade de infectados por pixel para os 7 dias analisados
Proj7d		Nº de casos projetados pela modelagem matemática no fim dos 7 dias analisados.
Difi7d		Diferença entre os casos reportados e os casos projetados dos 7 dias analisados.
Disc7d		Discrepância entre os casos reportados e os casos projetados dos 7 dias analisados.
ACC_0704		Número de casos acumulados reportados, obtidos do Painel Coronavírus, na data 07/04 de 2021.
Inter14d	24/03/2021 a 07/04/2021	Datas consideradas no intervalo de 14 dias a contar da data base (24/03/2021)
Repo14d		Número de casos reportados na data 07/04/2021, contados 14 dias após a data base.
Mod14d		Densidade de infectados por pixel para os 14 dias analisados
Proj14d		Nº de casos projetados pela modelagem matemática no fim dos 14 dias analisados.
Difi14d		Diferença entre os casos reportados e os casos projetados dos 14 dias analisados.
Disc14d		Discrepância entre os casos reportados e os casos projetados dos 14 dias analisados.
ACC_1404		Número de casos acumulados reportados, obtidos do Painel Coronavírus, na data 14/04 de 2021.
Inter21d	24/03/2021 a 14/04/2021	Datas consideradas no intervalo de 21 dias a contar da data base (24/03/2021)
Repo21d		Número de casos reportados na data 14/04/2021, contados 21 dias após a data base.
Mod21d		Densidade de infectados por pixel para os 21 dias analisados
Proj21d		Nº de casos projetados pela modelagem matemática no fim dos 21 dias analisados.
Difi21d		Diferença entre os casos reportados e os casos projetados dos 21 dias analisados.
Disc21d		Discrepância entre os casos reportados e os casos projetados dos 21 dias analisados.
ACC_2104		Número de casos acumulados reportados, obtidos do Painel Coronavírus, na data 21/04 de 2021.
Inter28d	24/03/2021 a 21/04/2021	Datas consideradas no intervalo de 28 dias a contar da data base (24/03/2021)
Repo28d		Número de casos reportados na data 21/04/2021, contados 28 dias após a data base.

Mod28d		Densidade de infectados por pixel para os 28 dias analisados
Proj28d		Nº de casos projetados pela modelagem matemática no fim dos 28 dias analisados.
Difi28d		Diferença entre os casos reportados e os casos projetados dos 28 dias analisados.
Disc28d		Discrepância entre os casos reportados e os casos projetados dos 21 dias analisados.

Observação: As tabelas para Cenário Otimista e Pessimista seguem as mesmas variáveis porém valores associados a outras taxas de contágio conforme descrito no texto.

ARQUIVOS SUPLEMENTARES

Repositório: Github
Link de acesso: https://github.com/exactum-furg

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS Edital 06/2020 - Ciência e Tecnologia no Combate a COVID-19. D.A. Sales agradece ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

REFERÊNCIAS

CHAVENT, G. Nonlinear Least Squares for Inverse Problems: Theoretical Foundations and Step-by-Step Guide for Applications, Springer, 2010. doi. 10.1007/978-90-481-2785-6.

COMITÊ DE DADOS COVID-19 CORONAVÍRUS. Modelo de Distanciamento Controlado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/202004/28124902-22160349-modelo-distanciamento-controlado-rs.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2021.

HASSELL, M. P.; COMINS, H. N.; MAY, R. M. Spatial structure and chaos in insect population dynamics, *Nature,* 353, 255-258, 1991.

HETHCOTE, H. W. The mathematics of infectious diseases. *SIAM review*, 42, 4, 599-653, 2000.

IBGE(a)- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados no formado *shapefile* com informações geográficas do Rio Grande do Sul para o ano de 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 16 de junho de 2021.

IBGE(b)- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra - Banco de Tabelas Estatísticas - Dados Sistema de Recuperação Automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>. Acesso em: 16 de junho de 2021.

MARQUES, J. C.; De CEZARO, A.; LAZO, M.; On a emerging plateau in a multi-population SIR model, *preprint*, 2021 (e referências)

SES-RS – Secretaria da Saúde do Estado Rio Grande do Sul. Painel Coronavírus. Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19>. Acesso em: 17 de junho de 2021.