Universidade Federal de Catalão
Instituto de Matemática e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Otimização – Mestrado
Analise e Modelagem dos Dados da COVID-19 em Catalão
Prof. Dr. Romes A. Borges
Julho/agosto 2021

MODELAGEM EPIDEMIOLÓGICA – CATALÃO-GO

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do ano de 2020, todos os países do mundo têm convivido com a disseminação de uma nova doença, denominada COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*), causada pelo vírus chamado coronavírus SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 of the Genus Betacoronavirus*). Segundo a Organização Mundial da Saúde, os sintomas mais comuns desta doença são: síndromes respiratórias graves, febre, tosse e mialgia ou fadiga, especialmente no início da doença.

A modelagem computacional configura-se como uma alternativa de grande importância para a caracterização dos dados desta e de outras doenças, visto que esta pode ser empregada para, por exemplo, predizer os perfis relacionadas às populações que compõem o sistema em análise.

Neste cenário, um dos objetivos deste trabalho é utilizar o modelo epidemiológico SIDR (*Susceptible-Infected-Deceased-Removed*) para fins da caracterização da epidemia na cidade de Catalão-GO, considerando informações fornecidas pela Secretaria Estadual de Saúde do Estado de Goiás.

Inicialmente será realizada a análise dos dados relacionados à doença (casos de infecção e de óbitos) considerando dados do ano de 2021. Depois de analisar a situação pandêmica de todas as cidades da Região da Estrada de Ferro[1] e constatar a grande semelhança entre elas tanto na porcentagem de casos de contaminação, quanto de óbitos, optou-se por mostrar apenas uma comparação dos dados das duas maiores cidades da região, quais sejam Catalão e Caldas Novas.

Na sequência, mostra-se os resultados da modelagem, visando subsidiar futuros projetos de prevenção e controle. Os parâmetros que constituem o modelo foram estimados considerando informações sobre o número de infectados e de mortos, considerando os dados atuais fornecidos pela referida secretaria.

[1] Região de Saúde designada por Região da Estrada de Ferro: Anhanguera, Caldas Novas, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Corumbaíba, Cumari, Davinópolis, Goiandira, Ipameri, Marzagão, Nova Aurora, Ouvidor, Palmelo, Pires do Rio, Rio Quente, Santa Cruz de Goiás, Três Ranchos e Urutaí.

2. MODELAGEM EPIDEMIOLÓGICA

O modelo epidemiológico SIDR considera a interação entre as populações de indivíduos suscetíveis, infectados, mortos e recuperados. Neste modelo, a forma como cada população se relaciona é ponderada pelo uso de parâmetros específicos e que dizem respeito as taxas de: transmissão da doença (β), de óbitos (γ) e recuperados (α).

Em termos práticos, uma das medidas mais interessantes para mensurar a taxa de transmissão da doença é o número básico de reprodução, aqui designado por P_0 (fator de transmissibilidade). De forma geral, o P_0 é responsável por informar o número de indivíduos que serão contaminados a partir de um indivíduo infectado. Assim, este parâmetro pode ser caracterizado como segue:

- P_0 menor que a unidade ($P_0 < 1$) significa que cada indivíduo infectado poderá infectar menos que um outro indivíduo. Neste caso, as chances de disseminação da doença diminuem e a epidemia tende a acabar.
- P_0 igual a unidade ($P_0 = 1$) significa que cada indivíduo infectado poderá transmitir a doença para um outro indivíduo. Na prática, a epidemia se estabilizara, isto é; a doença será transmitida de indivíduo para indivíduo, sem que ocorra uma epidemia.
- P_0 maior do que a unidade ($P_0 > 1$) significa que uma epidemia está em curso, isto é; se por exemplo este parâmetro for igual a 2, tem-se que um indivíduo poderá infectar outros dois. Assim, quanto maior for o valor deste parâmetro, mas rápida tende a ser a disseminação da doença na população.

Matematicamente, o valor de P_0 pode ser determinado em função dos parâmetros que constituem o modelo empregado para representar a evolução da epidemia. Para o modelo SIDR, P_0 é dado como $\beta/(\gamma+\alpha)$. Assim, após a determinação dos valores dos parâmetros β, γ e α, o número de reprodução pode ser estimado.

É importante ressaltar que, como o valor de P_0 é função dos parâmetros que compõem o modelo empregado e este, geralmente é o resultado de uma divisão, implica que, a depender dos valores contidos no denominador, o valor deste parâmetro pode ser elevado no início da epidemia. Neste cenário, o número de reprodução efetivo (P_t), definido como o produto entre P_0 e a fração de indivíduos suscetíveis ao longo do período da análise, também têm sido empregados como métrica para caracterizar a disseminação da epidemia na população.

3. RESULTADOS

Serão apresentados e discutidos os resultados do estudo dos dados epidemiológicos referentes à COVID-19, no ano de 2021 na cidade Catalão-GO. Para a realização das análises apresentadas foram utilizados dados fornecidos Secretaria Estadual de Saúde de Goiás, no ano de 2021.

3.1. Avaliação Quantitativa dos Dados

A Figura 1 apresenta a evolução quantitativa dos casos de COVID-19, bem como as médias móveis calculadas a cada quatorze dias, nas cidades de Catalão e Caldas novas (aproximadamente 85% da população de Catalão). Os dados aqui analizados são relacionados ao ano de 2021 (01 de janeiro a 10 de julho)[2].

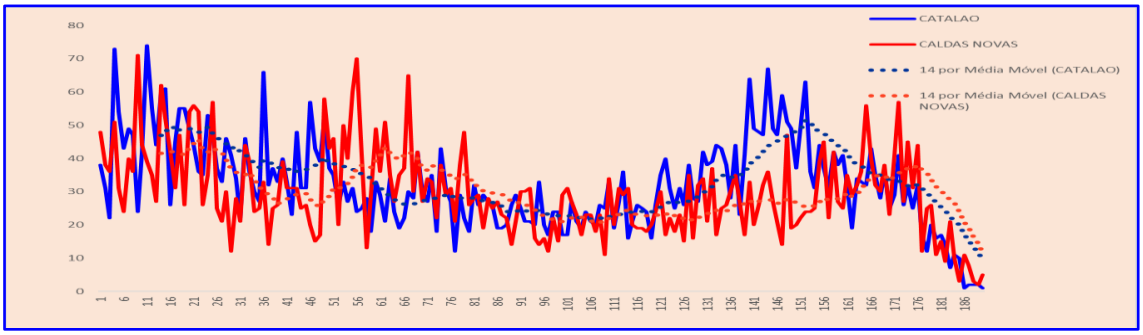


Figura 1: Evolução dos casos de COVID-19 no ano de 2021 nas quatro maiores cidades da Região

Analisando as médias móveis apresentadas na Fig.1, é possível afirmar que as duas cidades estão em patamares semelhantes de contaminação, porém, Catalão apresenta níveis um pouco menores, principalmente se for levado em consideração o tamanho das populações, ou seja, na cidade de Catalão, os contaminados por COVID-19 representam

[2] O estudo é feito considerando a "data dos sintomas", por isso vê-se nos gráficos de casos, datas anteriores às mencionadas no intervalo considerado.

cerca de 5,6% da população, sendo que, para Caldas Novas, esse valor é aproximadamente 6%. Em razão da semelhança existente entre a evolução do contágio nessas duas cidades, assim como em toda a Região da Estrada de Ferro (Os cálculos foram realizados para cada uma das 18 cidades, mas não consta neste relatório), O estudo que segue, se limitará a estudar os dados da cidade de Catalão.

Também foi analisado separadamente a evolução do contágio e de óbitos na população acima de 59 anos durante o ano de 2021, na cidade de Catalão.

Na Fig. 2, tem-se tanto a evolução da contaminação quanto a média móvel por cada quatorze dias na população acima de 59 anos e, na Fig.3, estudo semelhante é realizado, porém, voltado para a análise da população abaixo de 60 anos de idade.

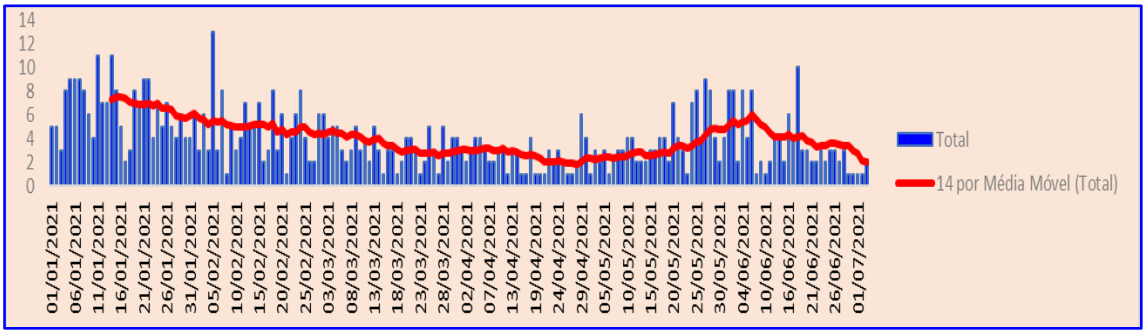


Fig. 2.: Evolução dos casos de COVID-19 em pessoas acima de 59 anos na cidade de Catalão – 2021

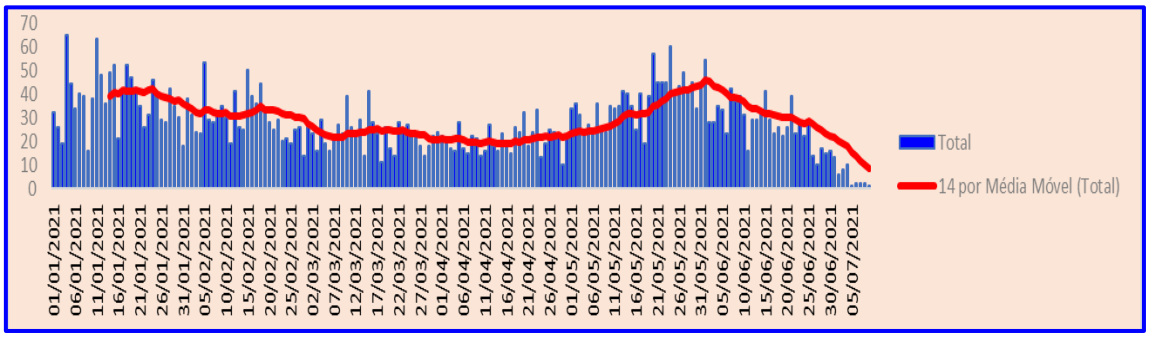


Fig. 3.: Evolução dos casos de COVID-19 em pessoas abaixo de 60 anos na cidade de Catalão – 2021

Para se ter algo mais realista acerca do contágio entre os dois intervalos de idades estudados (figuras 2 e 3), seriam necessárias mais informações como, por exemplo, o tamanho de cada população, porém, pode-se ter algumas conclusões acerca dos resultados apresentados: Ao levar em consideração a população acima de 55 anos (Fig.2), nota-se que a partir de meados do mês de março, há um decaimento significativo na quantidade

de casos de contaminação que, apesar de um leve aumento com um pico em torno do dia 04 de junho, permanece com a tendência de queda no intervalo final. Já para a população abaixo de 60 anos (Fig. 3), a tendência de queda é menos evidenciada do que no outro grupo (Fig. 2).

A seguir, mostra-se nas Figuras 3 e 4, a avaliação dos óbitos ocorridos na cidade durante este ano de 2021. Na primeira figura, tem-se a representação para pessoas acima de 60 anos e, na seguinte tem-se os resultados para a população de até 59 anos de idade.

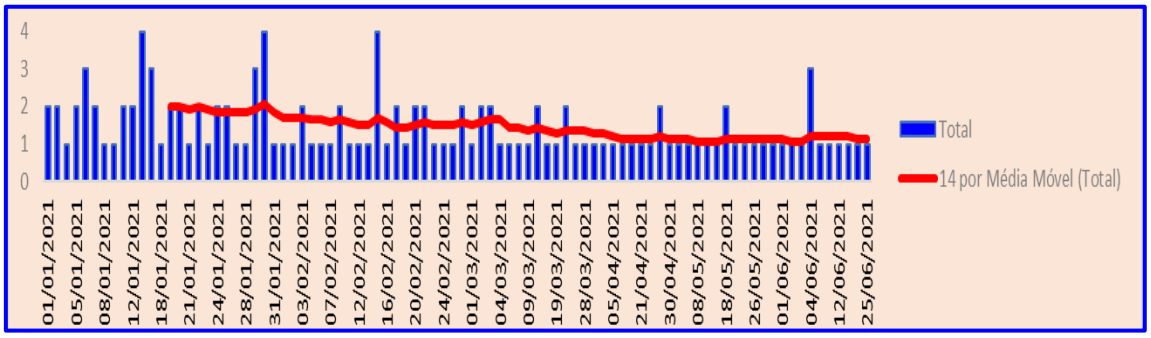


Fig. 4.: Evolução de óbitos por COVID-19 em pessoas acima de 60 anos na cidade de Catalão – 2021

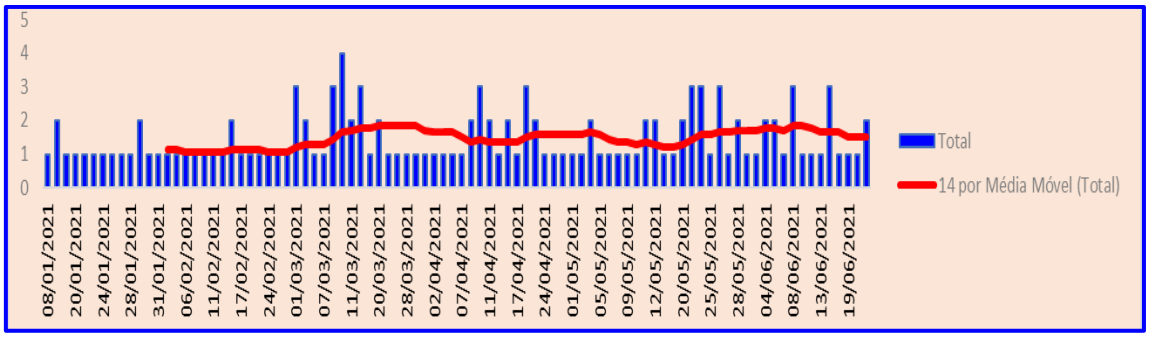


Fig. 5.: Evolução de óbitos por COVID-19 em pessoas abaixo de 60 anos na cidade de Catalão - 2021

Algo interessante pode ser observado em relação aos dois últimos resultados apresentados (Figs. 3 e 4). Note que, na Fig. 4 (óbitos de pessoas com mais de 60 anos), há um decaimento e estabilização a partir do final do mês de março, mantendo em um mesmo nível até os dias atuais, porém, quando se observa a Fig. 5 (óbitos de pessoas com menos de 60 anos), apercebe-se uma outra realidade: não há a estabilidade vista na figura anterior, ou seja, a média móvel oscila bastante, constatando que os valores atuais são

semelhantes aos vistos no mês de março.

3.2. Modelagem Matemática e Computacional da COVID-19 para a cidade de Catalão

A seguir tem-se os resultados obtidos na modelagem da Pandemia para a cidade de Catalão. Destaca-se que todos os resultados são baseados nos dados fornecidos pela Secretaria Estadual de Saúde do Estado de Goiás.

3.2.1. Modelagem de Casos de COVID-19 Considerando a Primeira Onda

Para a resolução do modelo *SIDR* foram consideradas como condições iniciais, as informações experimentais para o número de infectados e mortos. Como já mencionado, os resultados apresentados nesta seção se referem aos casos e óbitos do ano ade 2021, até a data de 10 de julho.

Na Tabela 1, são apresentados os parâmetros determinados pela ferramenta de otimização (Algoritmo de Evolução Diferencial) considerada.

Tabela 1: Parâmetros determinados pela metodologia proposta para o modelo SIDR.

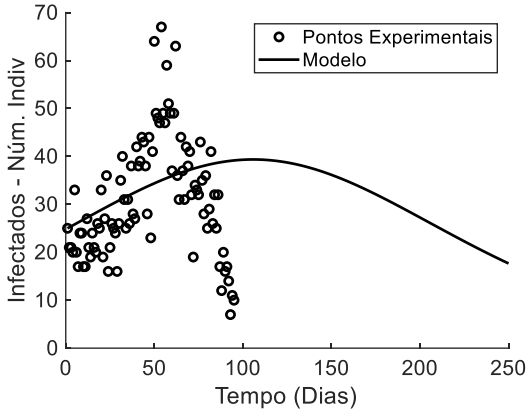
β (Dias^{-1})	γ (Dias^{-1})	α (Dias^{-1})
0,503	0,038	0,457

Sendo β, γ e α as taxas médias de disseminação, de mortes e de recuperação respectivamente. Nesta ocasião calculou-se a transmissibilidade (P_0) da Pandemia, obtendo aproximadamente **1,01**. O que significa que naquele momento, 100 pessoas infectadas estão transmitindo a doença para outras 100. Esse número é confirmado, observando a Fig. 5(c) que mostra o número de reprodução (susceptíveis). Nesta figura é observado que essa taxa é próxima à unidade

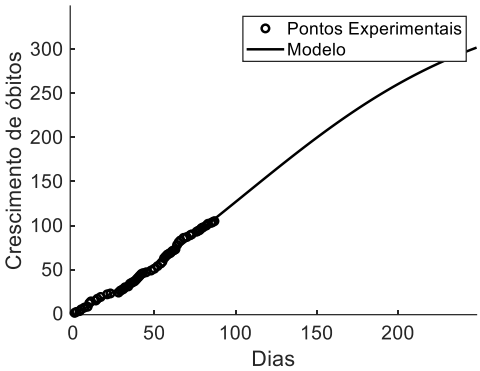
É preciso destacar que os resultados obtidos neste estudo, quando comparado com relatórios anteriores, mostra um decréscimo considerável na taxa de transmissibilidade (1,92 em fevereiro), porém, continua preocupante pois, mesmo menor, a transmissão continua ocorrendo.

Para uma melhor precisão, no caso da modelagem foram considerados dos dados de abril até a primeira semana do mês de julho de 2021. Na Figura 5 (a-b) são apresentados os gráficos de evolução das populações de infectados e óbitos (acumulado)

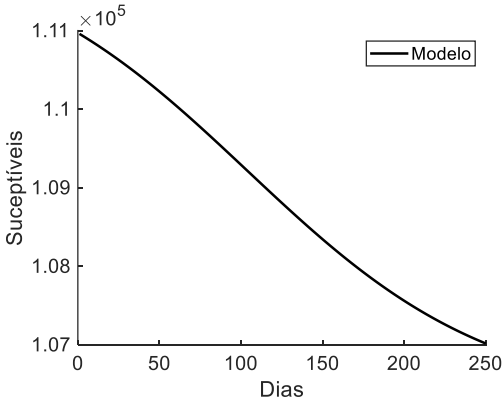
respectivamente. Já na Fig. 5 (c) tem-se a curva de indivíduos susceptíveis à contaminação ao longo do estudo realizado considerando a população total da cidade de Catalão. Também pode-se concluir que esta última figura possui boa coerência pois, com a evolução do tempo, a população suscetível à contaminação tende a diminuir, seja por conta de vacinas ou mesmo por outras formas de imunidade que possam ter sido adquiridas pela população. Ainda, é necessário ressaltar que o modelo, apesar de ter bastante dificuldade para fazer o ajuste ideal (principalmente por conta de imprecisões nos dados – Fig. 5 (a)), oferece boa estimativa acerca do estudo em questão.



(a) Infectados



(b) Mortos



(c) susceptíveis

Figura 5: Evolução dinâmica dos (a) infectados, (b) óbitos e (c) susceptíveis

Conclui-se que, como previsto na análise quantitativa apresentada na seção 3.1, a pandemia segue a tendência de queda tanto no número de infectados quanto na quantidade de de óbitos, principalmente quando se analisa a população com idade superior a 60 anos.

Na Fig. 5 (b), observa-se o perfil característico para o número de indivíduos mortos (acumulado). É preciso deixar claro que, a tendência é construída com base nos dados fornecidos até o momento, ou seja, não conta com interferências externas, como por exemplo, o aumento pessoas vacinadas ou de ações como o isolamento social, etc. Isso quer dizer que, no momento, caso nenhuma ação fosse implementada[3], a tendência é que tanto o número de casos quanto o número de óbitos seguiriam o patamar apresentados nas figuras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que foi apresentado e discutido, conclui-se que:

- Inicialmente, considerando nesta discussão também os estudos realizados anteriormente, é possível concluir que a pandemia teve seu pico nos meses de julho e agosto de 2020, decaindo continuamente na sequência, até atingir seu valor mínimo, dado no mês de novembro de 2020 (Ver relatórios anteriores). Porém, a partir dos primeiros dias do mês de dezembro de 2020, já se observava um significativo aumento no número de casos e óbitos, continuando com a tendência de crescimento durante todo o mês de janeiro e fevereiro de 2021. Fato semelhante também ocorreu em toda a Região da Estrada de Ferro.
- Já no estudo atual, percebe-se que há uma tendência de queda tanto para os casos de contágios quanto para óbitos. Isto pode ser evidenciado pelo fator de disseminação da doença que caiu de **1,92** em fevereiro para **1,01** nos dados analisados no momento.

- O modelo SIDR foi capaz de representar os perfis de indivíduos infectados e mortos na cidade de Catalão-GO, apesar da flutuação das informações referentes ao número de infectados. Neste caso, poderia ser utilizado não o valor nominal, mas sim o acumulado para esta população;
- Devido à flutuação das informações disponíveis para a caracterização do modelo matemático, pode-se empregar ferramentas estatísticas adicionais para minimizar o efeito da flutuação nos mesmos. Isto auxilia na obtenção de um resultado com maior representatividade. Além disso, pode-se também usar informações sobre

[3] https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/519/o/Manual_de_Bioseguran%C3%A7a-UFCAT_-_Vers%C3%A3o_21-12.pdf?1608647350

médias móveis para melhorar a disposição dos dados disponíveis;

- Os valores obtidos para cada um dos parâmetros, bem como o valor estimado para o número de reprodução (básico e efetivo) podem ser utilizados pelas autoridades para o planejamento das ações de forma a conter a epidemia;
- Finalmente, este estudo não tem por objetivo predizer os perfis de cada uma das populações para um tempo pré-determinado, mas sim, extrair informações sobre a epidemia na cidade e região.