

Acompanhamento da evolução da Covid-19 na Paraíba e no Município de Cuité para planejamento do retorno das atividades no CES

Considerando a situação internacional de calamidade pública declarada decorrente da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), apresenta-se, neste boletim informativo, a evolução dos casos de Covid-19 na Paraíba e no Município de Cuité para monitoramento das estratégias adotadas para retomada gradual das atividades presenciais do CES/UFCG. O retorno às aulas remotas e/ou presenciais deve ser estudado, de modo que garanta a acessibilidade de todos os alunos, respeitando as condições de vulnerabilidade e os grupos de risco.

Contexto Histórico e Cronologia

- Covid-19 é uma doença causada pelo **novo coronavírus**, batizado oficialmente como **Sars-CoV-2**.
- O primeiro caso oficial foi registrado no dia 12 de dezembro de 2019 em **Wuhan, China**. No **Brasil**, o primeiro caso reportado foi em **25 de fevereiro de 2020**.
- Na **Paraíba**, o primeiro caso confirmado de Covid-19 foi registrado em **18 de março de 2020**. Em Cuité, o primeiro caso confirmado foi registrado em **11 de maio de 2020**.
- Foram 167 países atingidos em menos de 4 meses.
- Em **29/06/2020** registrou-se **mais de 10 milhões de casos** e **mais de 500 mil mortes** no mundo. No **Brasil** já são **mais de 58 mil mortes** e **mais de 1 milhão de casos confirmados**. Na **Paraíba** são **mais de 45 mil casos confirmados** e **931 mortes** por coronavírus.

Parâmetros de Monitoramento

- O parâmetro R_0 (**Número de Reprodução Básico**) mede indiretamente a velocidade com que o vírus é transmitido, ou seja, quantas pessoas em média um indivíduo contaminado pode infectar. O R_0 desempenha um papel crucial em decisões de saúde pública, pois fornece a dimensão do potencial de expansão do número de casos. Monitorar os valores de R_0 até que $R_0 < 1$ por 14 dias consecutivos.

- Sistema de Saúde: Taxa de ocupação de leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) menor que 60% no Estado da Paraíba, apresentado na Figura 1.
- Vigilância em Saúde Pública: Articular com a rede de saúde do Município para identificar e isolar casos suspeitos e apoiar rastreamento dos contatos. O índice de isolamento social na Paraíba segundo o Inloco é de 45,9% (28/06), como mostra a Figura 2. É bom destacar que o índice de Isolamento Social monitorado pelo Inloco não representa a população da Paraíba em sua totalidade.

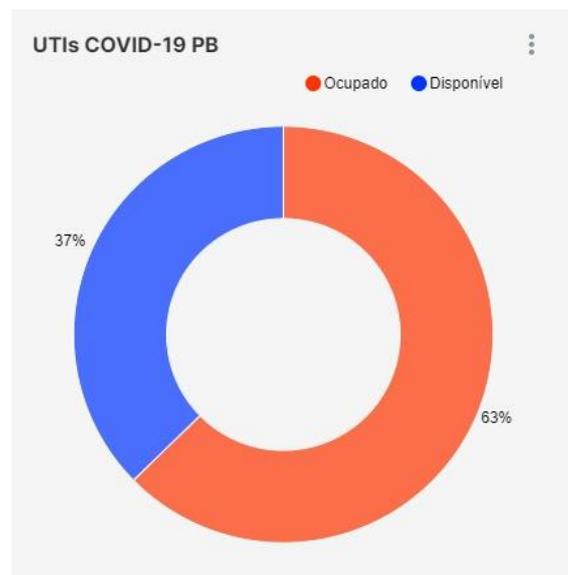


Figura 1: Taxa de ocupação de leitos de UTI na Paraíba. Fonte:

<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/saude/coronavirus>, acesso em 29 de junho de 2020.

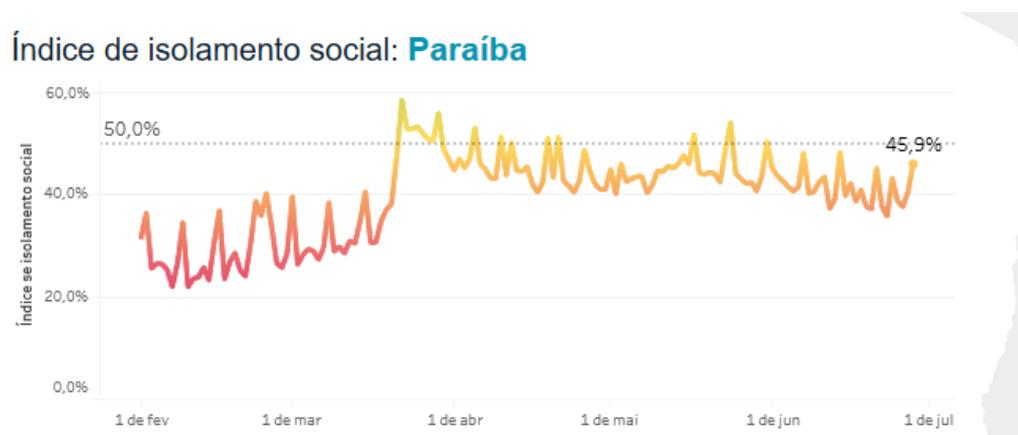


Figura 2: Índice de isolamento na Paraíba. Fonte:

<https://mapabrasileirodacovid.inloco.com.br/pt/>, acesso em 29 de junho de 2020.

Observação: Não representa a população em sua totalidade.

Modelo Matemático

No modelo SIR, a população é dividida em compartimentos (ou classes) que refletem o estado em que os indivíduos se encontram no desenvolvimento da doença:

- **Suscetíveis (S):** indivíduos que estão suscetíveis a contrair a doença;
- **Infectados (I):** indivíduos que contraíram a doença e podem transmiti-la aos indivíduos suscetíveis por transmissão direta;
- **Removidos (R):** indivíduos que foram infectados, mas não são mais portadores da doença, por motivo de isolamento, cura (adquirindo ou não imunidade), ou morte.

Assim, pode-se escrever a população total N como a soma dos indivíduos das classes acima citadas, ou seja, $N = S + I + R$. N é constante, isto é, ignoramos nascimentos, mortes ou efeitos migratórios.

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\alpha S \frac{I}{N} \\ \frac{dI}{dt} = \alpha S \frac{I}{N} - \beta I \\ \frac{dR}{dt} = \beta I \end{cases}$$

onde α é a taxa de infecção, isto é, a média de contatos que um infectado faz por dia multiplicado pela probabilidade desse contato infectar a outra pessoa (foi obtida por ajuste); o β é a taxa de recuperação, isto é, a taxa de indivíduos que adquiriram imunidade (ou morreram) em um dia, ou melhor, se D é o número de dias que uma pessoa leva para se recuperar/morrer então: $\beta = D^{-1}$.

Considerou-se um período de contágio de 10 dias. Então, em cada dia, espera-se que aproximadamente $\beta = \frac{1}{10}$ (taxa de recuperação) ou 10% do número total de infectados mova-se da classe I para a classe R .

O parâmetro R_0 , que **mede a velocidade com que a epidemia se propaga**, é obtido por: $R_0 = \frac{\alpha}{\beta}$. Medidas como distanciamento social e quarentena tem o efeito de diminuir a taxa de infecção α , e consequentemente o R_0 .

Evolução dos casos de Covid-19 no Estado da Paraíba (MODELO SIR)

Período analisado: 01/04/2020 a 12/06/2020.

O gráfico a esquerda da Figura 3 mostra a evolução no tempo dos casos confirmados (bolinhas e quadradinhos) e do modelo SIR (linha azul) com o número de reprodução básico variando. O modelo se ajustou bem aos dados oficiais (bolinhas) para o período analisado. Depois do dia 12/06/2020 é feita uma extrapolação (predição) com o modelo de 9 dias. Os dados oficiais representados por quadradinhos foram obtidos depois da predição. O gráfico a direita da Figura 3 mostra $R_0(t)$ médio em função do tempo. O valor do $R_0(t)$ médio no início (02/06/2020) é de 3.0, seguindo uma tendência de redução até valor 1.6 no final do período analisado.

Os casos oficiais (bolinhas e quadradinhos) em 17/06/2020 foram 31.712 e a projeção do modelo 29.883, que corresponde a um erro relativo percentual de 5.7%.

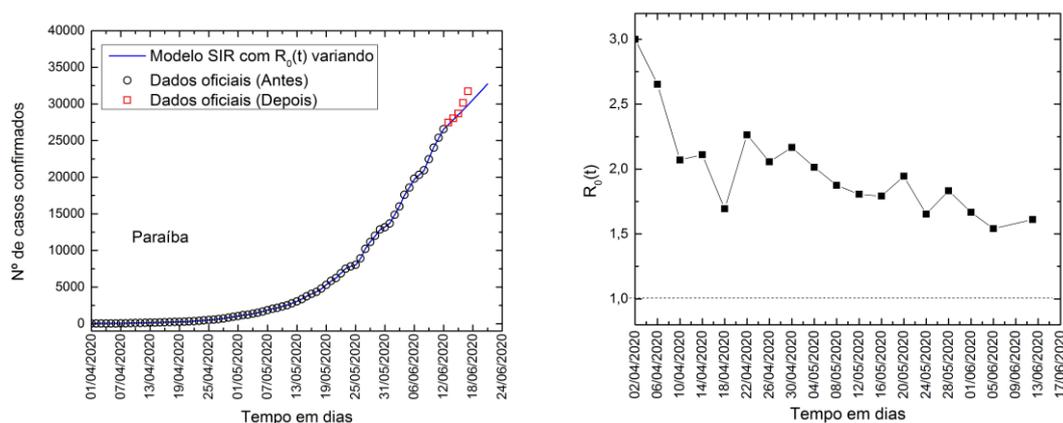


Figura 3: O gráfico a esquerda mostra a evolução no tempo de casos confirmados e do modelo SIR com $R_0(t)$ variando. O gráfico a direita mostra $R_0(t)$ médio em função do tempo.

Evolução dos casos de Covid-19 no Município de Cuité (MODELO SIR)

Período analisado: 03/06/2020 a 17/06/2020.

O gráfico a esquerda da Figura 4 mostra a evolução no tempo dos casos confirmados (bolinhas) e do modelo SIR (linha azul) com o número de reprodução básico variando. O modelo se ajustou bem aos dados oficiais (bolinhas) para o período analisado.

Depois do dia 17/06/2020 é feita uma extrapolação (predição) com o modelo de 9 dias. O gráfico a direita da Figura 4 mostra $R_0(t)$ médio em função do tempo. O valor do $R_0(t)$ médio no início (03/06/2020) é de 1,3 e de 2,1 no final do período analisado.

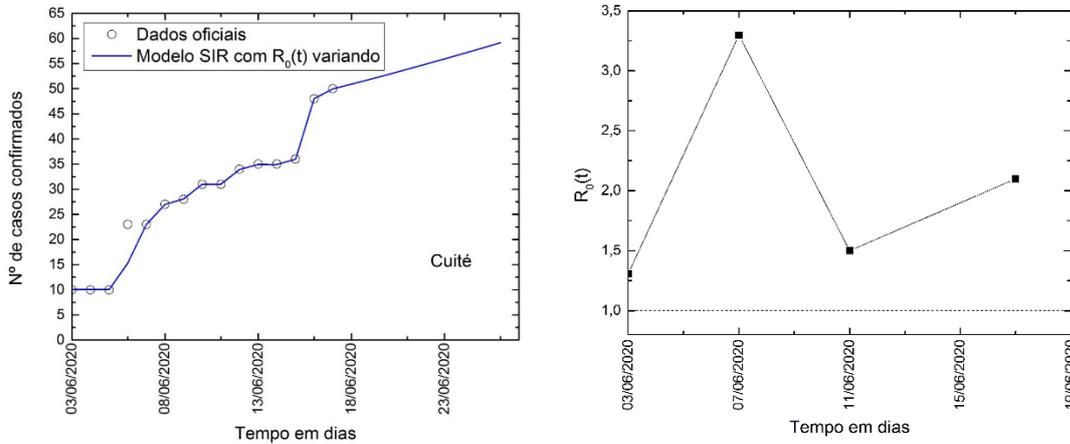


Figura 4: O gráfico a esquerda mostra a evolução no tempo de casos confirmados e do modelo SIR com $R_0(t)$ variando. O gráfico a direita mostra $R_0(t)$ médio em função do tempo.

Previsão para Cuité

A Figura 5 apresentada a previsão do número de infectados no Município de Cuité até 03/07/2020, usando dados existentes do período de 15/06/2020 a 29/06/2020 com a versão AAA do algoritmo de Suavização Exponencial (ETS).



Figura 5: Previsão para Cuité-PB

Matriz Analítica do NOVO NORMAL PB

O Decreto N° 40.304 de 12 de junho de 2020 do Governo do Estado da Paraíba estabelece níveis distintos de riscos representados por bandeiras e para os quais haverá um conjunto de recomendações a cada um dos Municípios. O conjunto de indicadores é formado por 4 (quatro) eixos e 2 (duas) calibrações, que compõem a Matriz Analítica:

Eixo 1: Taxa de Progressão de Casos Novos (TPCN)

Eixo 2: Taxa de Letalidade Observada (TLO)

Eixo 3: Taxa de Obediência ao Isolamento Social (TOIS)

Eixo 4: Taxa de Ocupação Hospitalar (TOH)

Cada eixo apresentado tem 4 diferentes níveis de avaliação e nota (SCORE) correspondente, de forma que, quanto melhor avaliado, menor a nota, incluindo-se inclusive notas (SCORE) negativas como -20 (menos vinte) e -10 (menos dez). Desta forma deve-se compreender que maiores notas (SCORE) em cada eixo, correspondem a uma avaliação pior.

A calibragem da Matriz Analítica contempla dois indicadores sendo composta por:

- Número de Reprodução Básico do Vírus (R_0)
- Taxa de Imunidade Populacional (TIP)

Seguindo a classificação fornecida pelas bandeiras, o decreto flexibiliza ou restringe os serviços e atividades por cidade. Para mais informações sobre acesse o site <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/saude/coronavirus/novonormalpb>.

O Decreto do Governo do Estado da Paraíba foi publicado em 12 de junho de 2020 e classifica o Município de Cuité na primeira avaliação como bandeira Vermelha. Na segunda avaliação (Tabela 1), a cidade de Cuité é classificada como bandeira Laranja (início de vigência em 29 de junho de 2020).

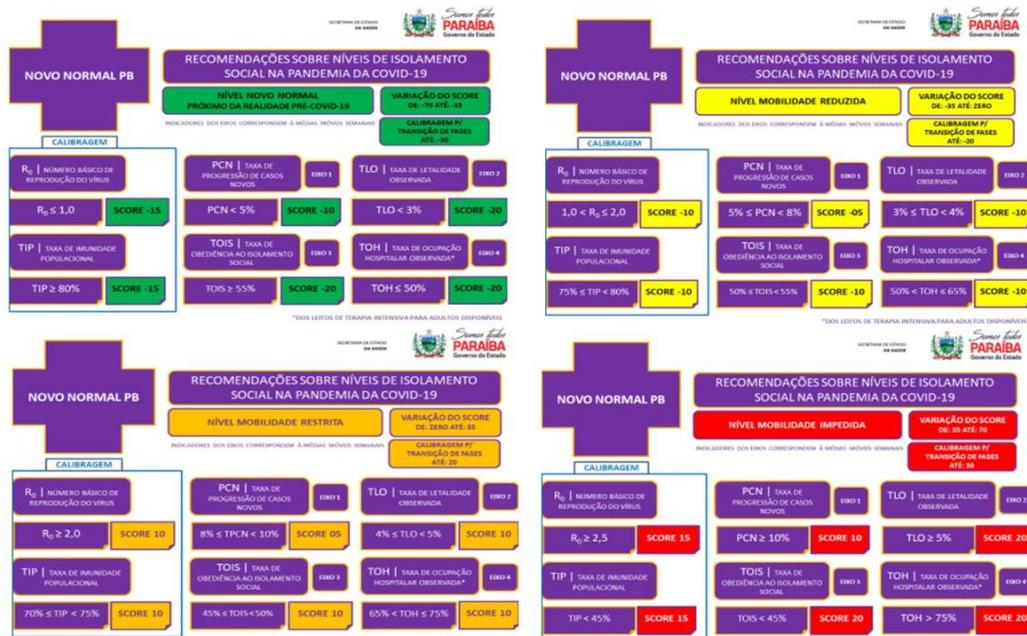


Figura 6: SCORES e critérios para as bandeiras VERDE, AMARELO, LARANJA e VERMELHA.

Tabela 1: Indicadores dos eixos e da calibragem da Matriz Analítica para cidade de Cuité-PB. Fonte: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/saude/coronavirus/novonormalpb>.

Cidade: Cuité-PB					Início de vigência: 29 de junho de 2020
Indicadores	Taxa/Valor	Pontuação	Bandeira por indicadores	Pontuação dos eixos e da calibragem	Bandeira
TPCN	2,89%	-10	Verde	0	Amarelo
TLO	1,37%	-20	Verde		
TOIS	39,41%	20	Vermelha		
TOH	66,29%	10	Laranja		
R_0	1,3	-10	Amarelo	5	
TIP	30%	15	Vermelha		

Comentários Finais

Usando o modelo SIR foi possível obter o Número de Reprodução Básico (R_0) temporal e analisar a velocidade de crescimento do número de infectados na Paraíba e no Município de Cuité. No período analisado, o Número de Reprodução Básico (R_0) indica o pior cenário na Paraíba em 01/04/2020 com $R_0 = 3.0$ e no Município de Cuité em

07/06/2020, com $R_0 = 3.29$, o que reflete a menor adesão do isolamento social pelas populações envolvidas. Destaca-se que o último valor de R_0 calculado foi 1.61 para o Estado da Paraíba em 12/06/2020 e 2.09 para o Município de Cuité em 17/06/2020. Medidas de distanciamento social são importantes para reduzir a taxa R_0 para um valor menor que 1, o qual caracteriza o controle da epidemia.

De acordo com a classificação apresentada pelo Governo da Paraíba, a cidade de Cuité passa da Bandeira Vermelha para Bandeira Laranja a partir de 29 de junho de 2020. Verifica-se que a Taxa de Obediência ao Isolamento Social (TOIS), a Taxa de Ocupação Hospitalar (TOH) e Taxa de Imunidade Populacional (TIP) precisam melhorar para a Cidade de Cuité progredir para Bandeira Verde.

Referências

- ✓ BASSANEZI, R. C.; FERREIRA Jr., W. C. Equações Diferenciais com Aplicações. São Paulo: HARBRA Ltda, 1988.
- ✓ BOYCE, W. E.; DIPRIMA, R. C. **Equações diferenciais elementares e problemas e valores de contorno**. 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- ✓ LUIZ, M. H. R. Modelos Matemáticos em Epidemiologia. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 2012.
- ✓ Wu, F., Zhao, S., Yu, B. *et.al.* Um novo coronavírus associado a doenças respiratórias humanas na China. *Nature* 579, 265–269 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2008-3>.
- ✓ A evolução epidêmica do COVID-19 – Modelo SIR. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/fentransporte/2020/04/09/a-evolucao-epidematica-do-covid-19-modelo-sir/>. Acesso em 02 de maio de 2020.
- ✓ <https://covid.saude.gov.br/>
- ✓ <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/saude/coronavirus>

Célia Maria Rufino Franco

Membro do Comitê de Emergência do Combate à Covid-19

Professora de Matemática da UFCG

UAFM/CES

celiarufino@ufcg.edu.br

Colaboração:

Renato Ferreira Dutra

Doutorando em Física

Instituto de Física da UFAL

renatodutra@ufrn.edu.br