

**Estudo inicial sobre a evolução do novo CORONAVÍRUS (SARS-COV-2)
no estado do Pará (Brasil), no período entre 17/03/2020 e 06/04/2020****Initial study on the evolution of the new CORONAVIRUS (SARS-COV-2)
in the state of Pará (Brazil), in the period between 03/17/2020 and
06/04/2020**

DOI:10.34119/bjhrv3n2-133

Recebimento dos originais: 10/03/2020

Aceitação para publicação: 07/04/2020

Ruan Benedito Gaia Cabral

Bacharel em Engenharia Ambiental & Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Licenciado em Geografia pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: ruan100_cabral@hotmail.com

Saulo Augusto Nooblath Chase

Pós-Graduando em Farmácia Clínica pela DALMASS/GAP-Faculdade de Tecnologia

Especialista em Análises Clínicas pelo Centro Universitário do Estado do Pará

Bacharel em Farmácia pelo Centro Universitário do Estado do Pará

E-mail: saulo.chase@gmail.com

Rhuan Carlos Martins Ribeiro

Acadêmico de Engenharia Ambiental & Energias Renováveis

Bolsista de I. C. pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: rhuanribeiro97@gmail.com

Glauber Tadaiesky Marques

Doutor em Física Teórica pela Universidade Federal do Espírito Santo

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: glauber.marques@ufra.edu.br

Emerson Cordeiro Moraes

Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: emerson.morais@ufra.edu.br

Alex de Jesus Zissou

Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: alex.zissou@ufra.edu.br

Edson do Socorro Silva Andrade

Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Pará
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: edson.andrade@ufra.edu.br

Walmir Oliveira Couto

Doutorando em Informática pela Universidade Federal do Paraná
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: couto.walmir@ufra.edu.br

Paulo Cerqueira dos Santos Júnior

Doutor em Estatística pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: paulo.cerqueira@ufra.edu.br

Pedro Silvestre da Silva Campos

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: pedro.campos@ufra.edu.br

José Felipe Souza de Almeida

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: felipe.almeida@ufra.edu.br

Otavio Andre Chase

Doutor em Engenharia Elétrica e Sistemas de Energia pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: otavio.chase@ufra.edu.br

RESUMO

O presente artigo apresenta o estudo inicial sobre a evolução do novo coronavírus (SARS-CoV-2) no estado do Pará, desde a confirmação do primeiro infectado no dia 18/03/2020 até o dia 06/04/2020. O estudo apresenta também um modelo matemático para estimar o número de infectados até o dia 06/05/2020. Os resultados mostram que o modelo é confiável para predições de curto prazo, cuja evolução pode ser de 1 infectado em 18/03/2020 a 761 infectados em 18/04/2020.

Palavras-chave: Coronavírus; SARS-CoV-2; Predição Epidemiológica.

ABSTRACT

This paper presents the initial study on the evolution of Coronavirus (SARS-CoV-2) in the state of Pará, from the confirmation of the first infected on 18/03/2020 until 06/04/2020. The study also presents a mathematical model for estimating the number of infected by 06/05/2020. The results show that the model is reliable for short-term predictions, whose evolution can be from 01 infected on 03/18/2020 to 761 infected on 18/04/2020.

Keywords: Coronavirus; SARS-CoV-2; Epidemiological Prediction.

1. INTRODUÇÃO

O novo coronavírus, cujo nome científico é SARS-CoV-2 foi detectado em dezembro de 2020, após os primeiros casos registrados na China [1]. Em 02 de Abril de 2020 foram confirmados mais de um milhão de casos da pandemia de coronavírus em 181 países, sendo que mais de 52.000 pessoas morreram em decorrência deste vírus [1]. De acordo com o Coronavirus Resource Center da Universidade de Johns Hopkins nos Estados Unidos (em 06/04/2020 às 15:00) no mundo há 1.309,439 infectados, com um total de 72.638 mortos e 273.546 recuperados do vírus [2].

O coronavírus é uma família de vírus responsáveis por causar infecções respiratórias [3]; COVID-19 (Coronavirus Disease 2019) se tornou o nome oficial da doença causada pelo SARS-CoV-2, que significa: doença do coronavírus identificada em 2019 [4] pela Organização Mundial da Saúde (em inglês: World Health Organization - WHO).

Os primeiros casos de coronavírus em humanos foram identificados e isolados em 1937, porém somente em 1965 o vírus foi denominado por coronavírus, devido ao seu perfil microscópico parecer com uma coroa. Comumente, as infecções pelo SARS-CoV-2 causam sintomas respiratórios, febre, tosse, falta de ar e dificuldades respiratórias, embora algumas pessoas infectadas tenham sido declaradas assintomáticas [3]. Em casos mais graves, a infecção pode causar pneumonia, síndrome respiratória aguda grave, insuficiência renal e até a morte, com impacto extraordinário em termos de saúde pública [5].

A WHO afirma que não há tratamento específico para a doença COVID-19 causada pelo novo coronavírus, porém os sintomas podem ser tratados, sendo que os cuidados de apoio às pessoas infectadas podem ser altamente eficazes [5]. A Organização Mundial da Saúde (WHO) [6] e o Ministério da Saúde do Brasil [3] recomendam as seguintes práticas de prevenção:

→ Evitar tocar no rosto, lavar as mãos com água, sabão ou usar álcool em gel;

- Não compartilhar objetos pessoais e cobrir o nariz e a boca ao espirrar ou tossir;
- Manter os ambientes bem ventilados;
- Evitar aglomerações, principalmente se estiver com sintomas ou doente;
- Se tiver febre, tosse e dificuldade em respirar, procurar os cuidados médicos rapidamente;
- Isolamento social para evitar alta disseminação [14].

A COVID-19 é uma doença nova e a cada momento novas descobertas estão sendo feitas [7], isto implica que as medidas de prevenção e tratamento podem sofrer alterações, portanto outra medida de prevenção importante é manter-se informado. Os canais oficiais sobre o COVID-19 são da organização mundial da saúde [8], ministério de saúde [3][9], secretárias estaduais de saúde [10], FIOCRUZ [11], painel coronavírus Brasil desenvolvido pela UFBA, FIOCRUZ e CICADS [12] e, o Coronavirus Resource Center [2], conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1. Canais oficiais de informações sobre o novo coronavírus.

Organização	Endereço eletrônico
Organização Mundial da Saúde (WHO) [8]	https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019
Ministério da Saúde do Brasil [3][9]	https://coronavirus.saude.gov.br/ https://covid.saude.gov.br/
Secretárias Estaduais de Saúde do Brasil [10]	https://www.saude.gov.br/secretarias-estaduais
FIOCRUZ, UFBA e CICADS [11-12]	https://portal.fiocruz.br/coronavirus http://painel.covid19br.org/
Coronavirus Resource Center [2]	https://coronavirus.jhu.edu/map.html

Fonte: Autores.

Até 06/04/2020 às 15:00, os cinco países mais afetados pelo SARS-CoV-2 são os Estados Unidos, Espanha, Itália, Alemanha e França; sendo o Brasil o 16º país mais afetado, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Cinco países mais afetados pelo SARS-CoV-2 mais o Brasil – em 06/04/2020 às 15:00.

Colocação	País	Infectados	Óbitos	Recuperados
1º	Estados Unidos	347.003	10.335	17.727
2º	Espanha	135.032	13.169	40.437
3º	Itália	132.547	16.523	22.837
4º	Alemanha	101.178	1.612	28.700
5º	França	93.785	8.093	16.354
16º	Brasil	11.516	506	127

Fonte: Coronavirus Resource Center [2].

No Brasil, os cinco estados mais afetados pelo SARS-CoV-2 são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Cinco estados mais afetados pelo SARS-CoV-2 no Brasil – em 06/03/2020 às 15:00.

Colocação	Estado	Infectados	Óbitos	Taxa de letalidade
1º	São Paulo	4.620	275	5,95 %
2º	Rio de Janeiro	1.394	64	4,59%
3º	Ceará	824	26	3,15 %
4º	Distrito Federal	468	7	1,49 %
5º	Minas Gerais	498	6	1,2 %

Fonte: Painel Coronavirus Brasil [12].

O estado do Pará, foco deste trabalho, até as 15:00 do dia 06/04/2020 contava com 103 casos confirmados e 3 óbito [12][15], resultando em uma taxa de letalidade de 2,91 %. Os autores do presente artigo decidiram que as análises iniciais da evolução do novo coronavírus precisem ser de ordem regional, de maneira a diminuir erros e evitar disparates de análise e inferência. Desta forma, os resultados da análise local (regional) podem contribuir para calibração de análises globais, em nível nacional ou mundial; para compreensão da atual situação de disseminação.

Até o desenvolvimento desta pesquisa, não foram encontrados trabalhos com estimativas de números de infectados no estado do Pará, através do emprego de modelos matemáticos para predição; deste modo, o presente trabalho pretende aplicar um modelo de inferência para aferir resultados de infectados pelo SARS-CoV-2. Portanto, este trabalho versa sobre a análise inicial da disseminação do novo coronavírus no estado do

Pará, em desenvolvimento pelo Núcleo de Sistemas Ciber físicos (NSCF) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), situada na região metropolitana de Belém e localizada a uma latitude 1°27'18" Sul em relação a linha do equador.

2. OBJETIVOS

Analisar os dados de evolução do novo coronavírus no estado do Pará, além de identificar um modelo de inferência mais adequado para estimar o número de infectados no Pará em um período de 50 dias, a partir de 17/03/2020 até 06/05/2020, sendo que em 18/03/2020 o governo do estado anunciou o primeiro caso de infecção pelo novo coronavírus [16].

3. METODOLOGIA

O trabalho é desenvolvido em duas etapas: A primeira etapa apresenta a evolução dos infectados por SARS-CoV-2 no Pará. A segunda etapa apresenta o modelo de predição para estimação do número de infectados no estado entre 17/04/2020 e 06/04/2020.

3.1. EVOLUÇÃO DA DISSEMINAÇÃO DO CORONAVÍRUS NO PARÁ ENTRE 17/03/2020 E 06/04/2020

A aquisição dos dados de disseminação foi realizada através do acompanhamento diário do Twitter oficial da secretária de saúde do estado do Pará (SESPA) [15], pois ainda não há ainda disponibilidade estruturada dos dados. Os dados são classificados pela natureza do caso: confirmados; descartados; em análise; e óbito.

No dia 17/03/2020 havia 0 infectados, 26 descartados, 27 em análise e 0 óbitos. No dia 18/03/2020 o primeiro caso foi anunciado [16], sendo 1 infectados, 27 descartados, 27 em análise e 0 óbitos. No dia 25 de março houve um salto de 7 infectados para 13 infectados, com um sensível aumento da velocidade de disseminação do SARS-CoV-2 no estado.

Em 01/04/2020 foi registrado o primeiro óbito no Pará, quando o quadro de casos já registrava: 41 infectados, 857 descartados, 83 em análise e 1 óbito. Porém, a SESPA informou ainda em 01/04/2020 que o óbito ocorreu em 19/03/2020, porém só foi informado posteriormente devido ao processamento do inquérito epidemiológico [17].

Em 03/04/2020 houve o segundo salto da disseminação, de 48 (em 02/04/2020) para 75 infectados, cujos registros foram: 77 infectados, 1.000 descartados, 94 em análise e 1 óbito.

Os dados foram estruturados em uma planilha, Office/Excel®, cuja evolução diária do novo coronavírus no Pará é apresentada na Figura 1; e a evolução acumulada de infectados no Pará é apresentado na Figura 2.

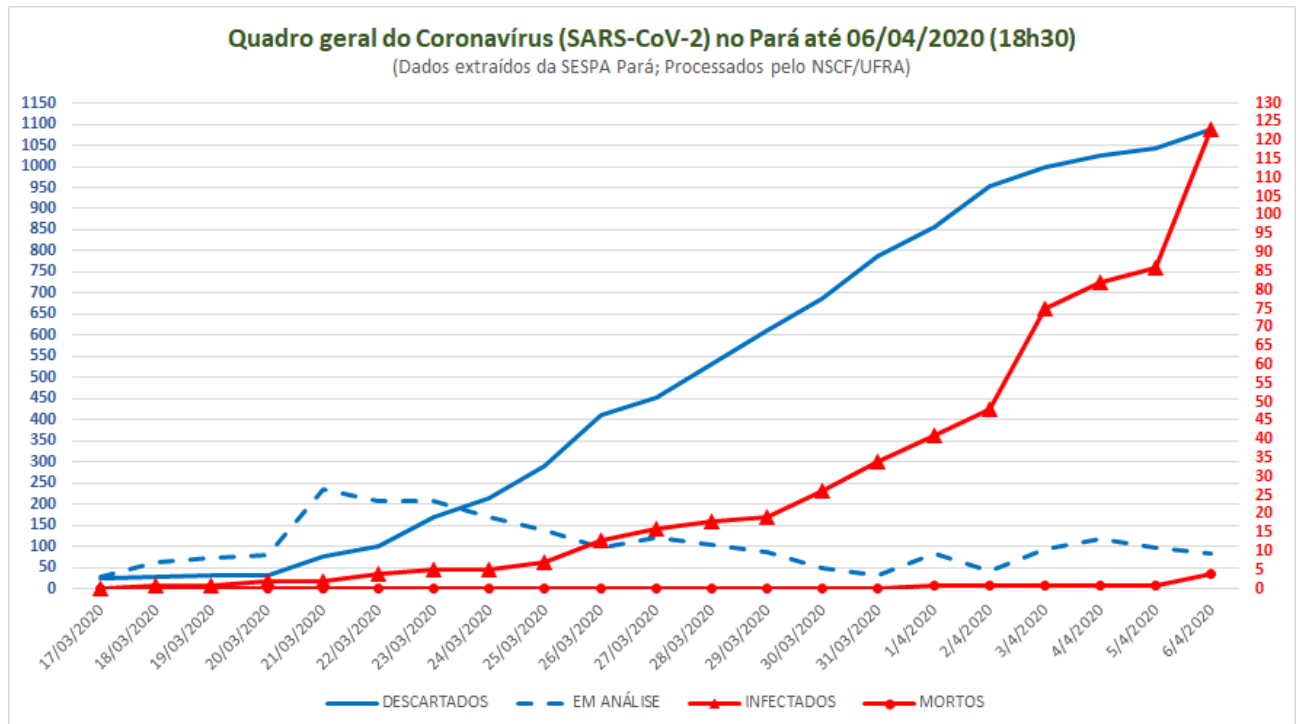


Figura 1.Quadro geral do SARS-CoV-2 no Pará entre 17/03/2020 e 06/04/2020 às 18:30.

Fonte: Dados extraídos da SESPA; Processamento realizado pelo NSCF/UFRA.

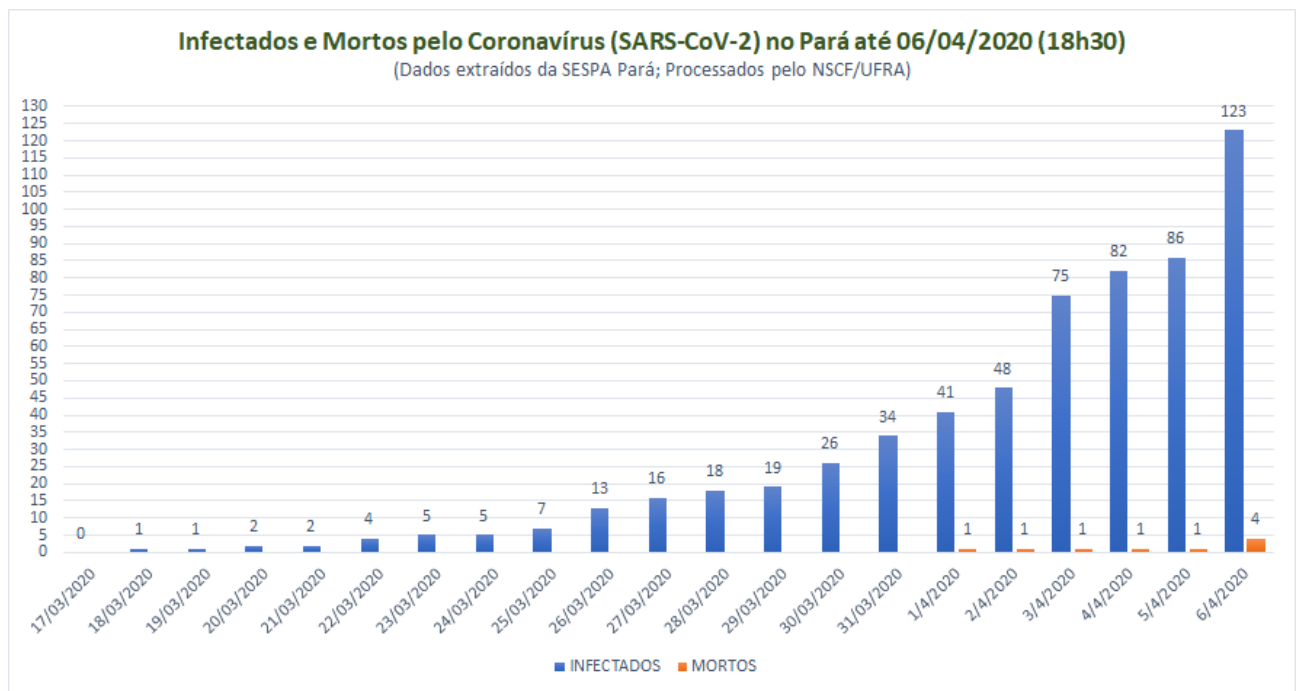


Figura 2.Quadro geral do SARS-CoV-2 no Pará entre 17/03/2020 e 06/04/2020 às 18:30.

Fonte: Dados extraídos da SESPA; Processamento realizado pelo NSCF/UFRA.

O quadro geral do novo coronavírus (SARS-CoV-2) no Pará em 06/04/2020 às 18:30 pelo boletim da SESPA [15] foi: 123 confirmados, 1.088 descartados, 84 em análise, 4 em óbitos. Sem as medidas de prevenção adotadas pelo governo do estado do Pará e SESPA, estes números seriam maiores [26-27].

3.2. PREDIÇÃO EPIDEMIOLÓGICA

A inferência tem papel central em praticamente todos os ramos da ciência. Seja ela natural, exata ou social. Muitas ferramentas para dotar pesquisadores a alcançar certo grau de predição têm sido desenvolvidas durante milênios em várias partes do mundo e por vários povos. Em um contexto moderno, essas ferramentas são muito mais robustas e incorporam um desenvolvimento muito mais coerente e dinâmico. No campo da inferência matemática, modelos preditores são excelentes ferramentas para analisar dados iniciais e obter alguma resposta para a evolução do fenômeno no futuro (pelo menos no médio e curto prazo).

Em muitos casos, um fenômeno pode ter características bem comportadas (como por exemplo, variações entre demanda e procura em sistemas econômicos) enquanto outros podem ser extremamente caóticos (sistemas climáticos, por exemplo) e de difícil análise matemática. Muitos surtos de doenças infectocontagiosas estão dentre o grupo de

fenômenos que se desenvolve segundo um padrão bem definido ao longo do tempo de modo que a abordagem matemática tem grande valor de predição durante a evolução do quadro. Na Figura 3 por exemplo, mostra-se a evolução da peste de Bombai na atual Mumbai, localizada na Índia[18].

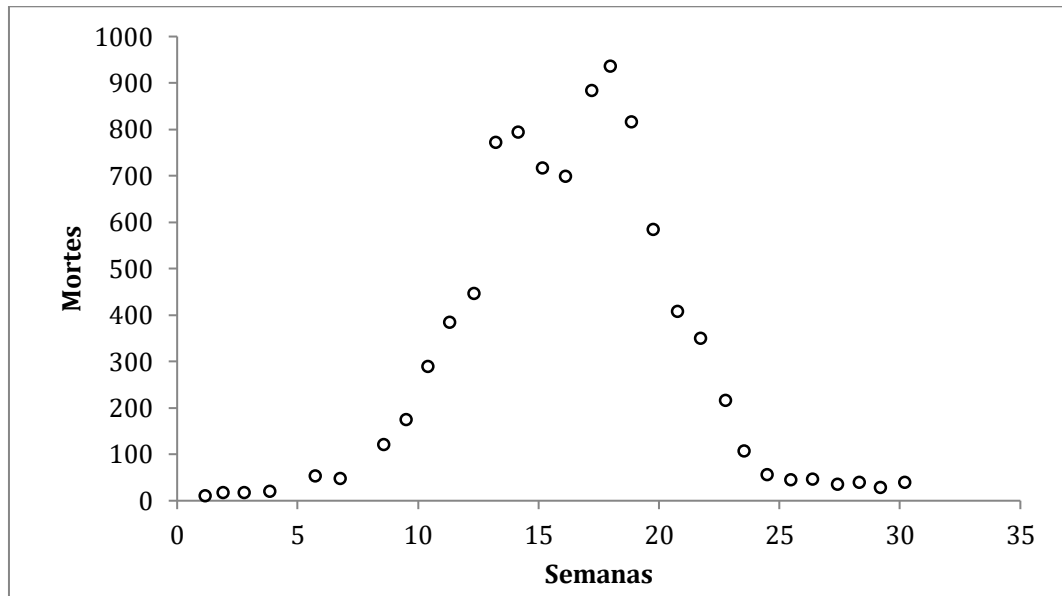


Figura 3. Surto de peste em Bombai na Índia.

Fonte: Autores.

Percebe-se que a doença causa muitos contágios (e mortes) em um curto espaço de tempo e, após atingir seu pico na população, tende a cair na mesma velocidade formando uma curva em forma de sino. Essas propriedades podem ser muito bem capturadas por diversas funções matemáticas que, dependendo da natureza da construção da teoria, incorporam parâmetros que podem ser relativamente fáceis de estimar; e uma vez estimados, o modelo pode então fornecer predições futuras com base nos dados mais recentes sobre a disseminação da doença.

Na atual pandemia causada por um vírus de origem ainda obscura [19] chamado SARS-CoV-2, o aspecto epidemiológico deste tem exacerbado muito o ritmo de contaminação no mundo inteiro.

Como todo surto inicial, o crescimento da infecção na população tem ritmo exponencial que, dependendo das medidas de contenção (ou da ausência destas) pode ser transformada. A china, país no qual a epidemia começou, embora tenham tomadas medidas de contenção populacional relativamente tarde, mostrou que essa política nivelou

a curva de infecção do país a longo prazo e, portanto, conteve o avanço da doença em todo seu território. Figura 4.

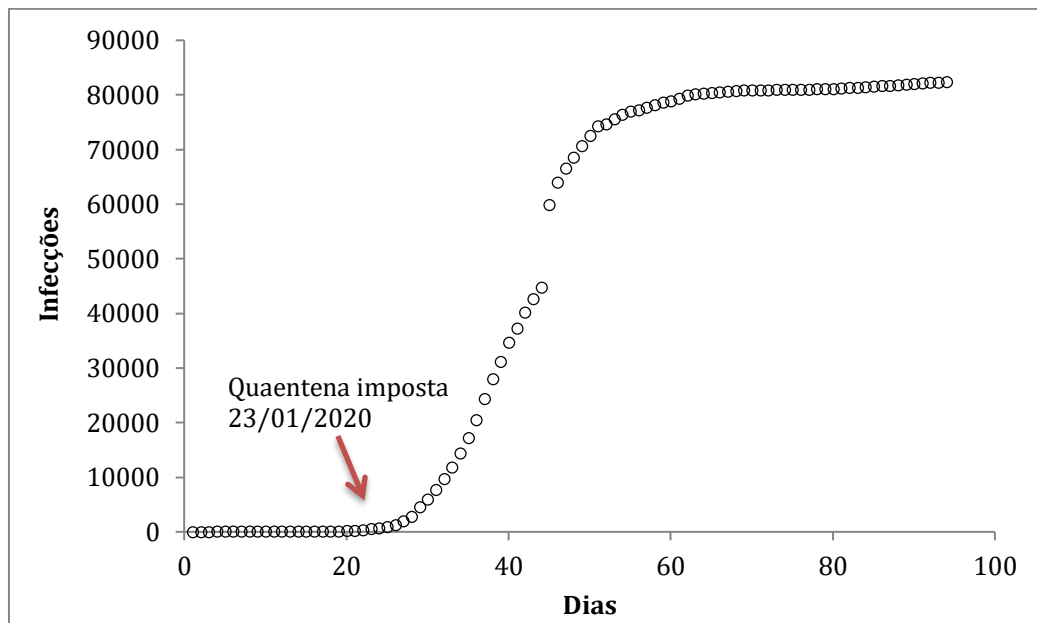


Figura 4. Curva de contágio por SARS-CoV-2 na China. O começo exponencial do surto apresenta um brutal avanço da doença mesmo após a determinação de quarentena no epicentro do surto.

Fonte: Autores.

Países como Estados Unidos, Itália e Espanha ainda estão em curvas epidemiológicas ascendentes, resultado de variáveis demográficas combinadas com fracas políticas públicas que subestimaramos riscos do SARS-CoV-2.

Como observado, o comportamento de processos infecciosos em muitos casos apresenta comportamentos bem definidos durante o início do surto e, dependendo da natureza da infecção, das medidas de contenção tomadas, e da capacidade dos sistemas de saúde no combate à doença, podem seguir rotas completamente diferentes. As Figuras 2 e 3 mostram claramente essas evidências.

Essas curvas podem ser muito bem representadas por diversos modelos matemáticos disponíveis na literatura hoje. Os modelos epidemiológicos têm sido extensivamente usados pela comunidade científica, pois está assentado em bases teóricas muito sólidas (modelos SIR, SEIR, e suas variações, por exemplo) e tem fornecido as principais estimativas para orientar a política pública em diversos países. No Brasil, centenas de estudos das mais variadas abordagens têm calculado curvas epidemiológicas em vários estados desde o início do surto em 26 de fevereiro de 2020[20-21].

3.2.1. Modelos de predição aplicados no estado do Pará para o novo coronavírus

Selecionar bons modelos preditores constitui-se em uma dupla tarefa: primeiro deve-se verificar os modelos que detenham as propriedades matemáticas corretas. Ou seja, aqueles modelos que descrevem a teórica evolução do fenômeno de contágio. No caso da Figura 3, é possível sugerir funções sinuosas como a distribuição normal ou mesmo uma função de Hubbert. Por outro lado, na Figura 4, nota-se que a epidemia encontrou uma “barreira” (um ponto de saturação) induzida pela ação de supressão da população, o que por sua vez controlou a expansão do surto. Nesse tipo de cenário, funções como a logística e combinações de funções exponenciais (para capturar a propriedade do rápido avanço inicial da doença) com argumentos apresentam a capacidade de saturação (para absorver ações de contenções sobre a circulação de pessoas e desta forma reduzir o crescimento de longo prazo) para ajustar-se aos dados. Neste trabalho foram aplicados dois modelos empíricos para abordar os dados iniciais do surto no estado do Pará. Os dois modelos aplicados são representados na Eq. (1) [22] e Eq. (2) [23-25].

$$I(t) = \exp \left[a_1 \tanh \left(\frac{t - a_2}{a_3} \right) \right] + a_4 + \exp \left[a_5 \tanh \left(\frac{t - a_6}{a_7} \right) \right] \quad (1)$$

$$I(t) = \frac{I_{max}}{1 + a \exp(-bt)} \quad (2)$$

Onde $I(t)$ é o número de pessoas infectadas no tempo t , I_{max} é o número máximo de pessoas infectadas, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 , a_7 , a e b são parâmetros que devem ser determinados com base nos dados disponíveis e re-calibrados à medida que novas informações sejam adquiridas. Estes dois modelos fornecem previsões de curto e longo prazo. O modelo representado na Eq. (1) desenvolvido por Azooz [22] apresenta claramente um modelo epidemiológico de saturação com crescimento inicial exponencial; enquanto que a Eq. (2) apresenta o modelo de Hubbert [23-25], que embora tenha sido aplicado em um contexto completamente diferente, apresenta propriedades matemáticas interessantes como a estimativa do número máximo da variável dependente (neste caso, o número máximo de infecções) e fornece estimativas de longo prazo.

3.2.2. Aquisição dos dados de infectados no estado do Pará

A boa prática da inferência matemática depende muito da quantidade e qualidade dos dados disponíveis e quanto mais dados em um grande intervalo de tempo, melhor essas ferramentas matemáticas se ajustam para oferecer estimativas confiáveis. Embora este critério seja suficiente para garantir grande poder de previsão (dependendo do fenômeno), ele não é, de certa forma, condição necessária para que o pesquisador dê início ao processo preditivo (embora com uma margem maior de incerteza). Os dados para alimentação dos modelos Eq. (1) e Eq. (2) foram compilados dos relatórios oficiais da SESPA (Secretaria de Saúde do Estado do Pará) no fechamento de cada dia a partir do paciente zero em 18 de março de 2020 indo até 02 de abril ($T = 21$ dias), conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4. Registro acumulado de infectados no estado do Pará entre 17/03/2020 e 06/04/2020.

DATA	DIAS	INFECTADOS
17/03/2020	1	0
18/03/2020	2	1
19/03/2020	3	1
20/03/2020	4	2
21/03/2020	5	2
22/03/2020	6	4
23/03/2020	7	5
24/03/2020	8	5
25/03/2020	9	7
26/03/2020	10	13
27/03/2020	11	16
28/03/2020	12	18
29/03/2020	13	19
30/03/2020	14	26
31/03/2020	15	34
01/04/2020	16	40
02/04/2020	17	44
03/04/2020	18	75
04/04/2020	19	82
05/04/2020	20	86
06/04/2020	21	123

Fonte: SESPA Pará [15].

3.2.3. Estimação dos parâmetros

De posse dos modelos e dos dados preliminares, a passo seguinte é selecionar e aplicar o método adequado para estimação dos parâmetros que definem Eq.(1) e Eq. (2). No presente estudo, a minimização da soma dos quadrados dos resíduos ($\min \sum_{i=1}^{17} (y - y_i)^2$) foi realizada através de um procedimento numérico denominado por Gradiente Reduzido Generalizado – GRG (em inglês: Generalized Reduced Gradient), com auxílio do pacote de planilhas Office/Excel®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 apresenta os resultados das estimativas dos parâmetros dos modelos Eq. (1) e Eq. (2) via GRG.

Tabela 5. Estimação de parâmetros para os modelos matemáticos da Eq. (1) e Eq. (2).

PARÂMETROS	
a_1	0,3299
a_2	1,9435
a_3	1,0689
a_4	0
a_5	8,7016
a_6	2,0221
a_7	30,9298
a	624,581
b	0,23528
I_{\max}	645,696

Fonte: Autores.

O gráfico da Figura 5 apresenta o ajuste dos modelos vistos na Eq. (1), de curto prazo, e Eq. (2) de longo prazo com base nos dados preliminares.

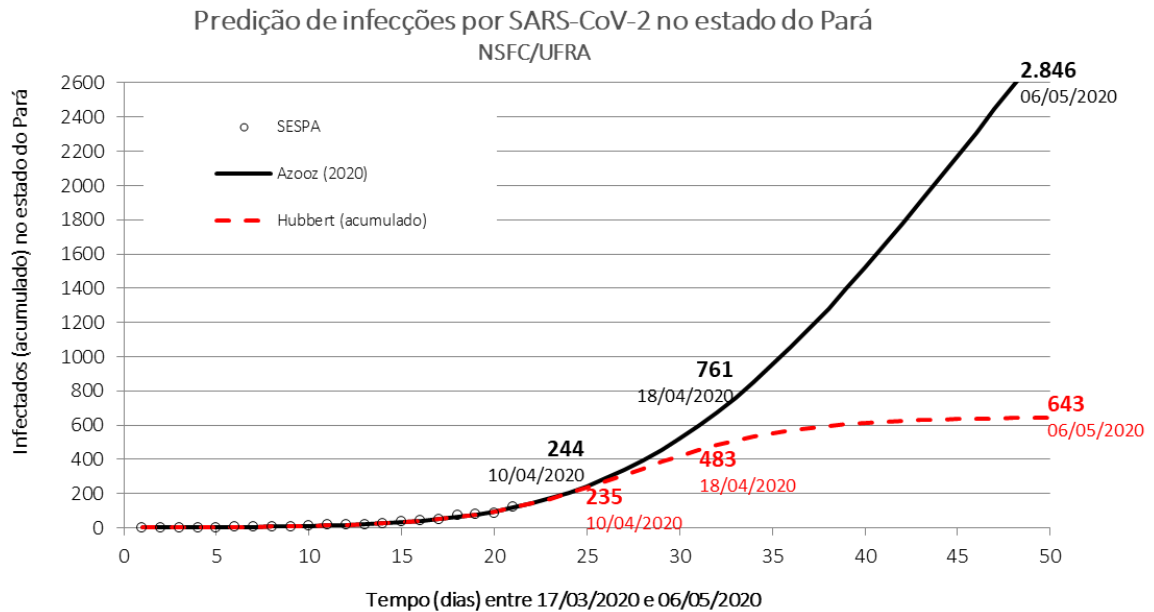


Figura 5. Curvas epidemiológicas teóricas com base nos modelos da Eq.(1) e Eq.(2) estimadas para a evolução do SARS-CoV-2 no estado do Pará.

Fonte: Autores.

Como pode-se claramente observar, existe uma diferença acentuada (de três ordens de grandeza) entre as estimativas de Azooz pela Eq. (1) e Hubbert pela Eq. (2). Os modelos medem situações diferentes. A curva do modelo de Hubbert na Eq.(2) está em uma escala diferente quando comparada com a do modelo de Azooz na Eq.(1) de modo que o ajuste aos dados iniciais fica distorcido. De qualquer forma, como são parâmetros estimados, mais testes podem e devem ser realizados para confirmar o ajuste aos dados da tabela.

A partir do modelo de Azooz na Eq. (1), pode-se estimar no pior cenário simulado, um pico de 2846 infecções até o dia 06 de maio de 2020. Por outro lado, segundo mostra os resultados do modelo de Hubbert na Eq. (2), no melhor cenário simulado, o pico de infecção no estado será de 643 infectados em 06 de maio de 2020.

Adotando um horizonte de 31 dias, entre 18/03/2020 e 18/04/2020, os infectados por SARS-CoV-2 no estado do Pará pelo modelo de Azooz na Eq. (1), serão de 761 infectados em 18/04/2020, enquanto pelo modelo de Hubbert na Eq. (2), serão 483 infectados em 18/04/2020.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo inicial sobre a evolução do SARS-CoV-2 no estado do Pará. O quadro geral da disseminação e modelos de predição foram apresentados, com objetivo de enfatizar a análise regional (local) da pandemia de coronavírus que ainda se alastra em alta velocidade pelo mundo. A análise local poderá contribuir com dados mais precisos e com menor interferência para análises em nível nacional ou internacional (global).

Em modelos epidemiológicos, quanto maior o horizonte de predição, maior será o erro, portanto é importante não traçar longos horizontes de tempo em estudos epidemiológicos. O modelo de Azooz representado na Eq. (1) é o cenário mais realista devido a velocidade de infecção, porém é altamente dependente dos dados iniciais, portanto é importante realizar inferências em curtos horizontes de tempo, com objetivo de diminuir erros e evitar disparates. A disseminação do novo coronavírus é um problema de natureza multifatorial e sistêmico, portanto, mais modelos devem ser testados e calibrados com base na realidade ambiental, social e econômica de cada região.

Os resultados iniciais apresentados neste trabalho serão enriquecidos com as próximas atualizações do quadro do novo coronavírus no estado do Pará, assim como o NSCF/UFRA continuará com os testes de novos modelos numéricos aplicados a epidemiologia para geração de novos resultados de predição (modelos SIR, SEIR e suas variações). Enquanto estas atividades, o NSCF/UFRA torce por uma solução global para contenção do SARS-CoV-2 e tratamento da COVID-19.

AGRADECIMENTOS

A equipe do BJHR pela oportunidade, atenção e idealização de uma seção especial sobre o novo coronavírus. Ao Governo do Pará e a SESPAs pelas informações disponibilizadas nos canais oficiais e pelas efetivas medidas de prevenção ao novo coronavírus. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de iniciação científica ao autor Rhuan Carlos Martins Ribeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] BBC. **Coronavirus: A visual guide to the pandemic**. Acesso em: 02/04/2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/world-51235105>>.

[2] Johns Hopkins University & Medicine. **Coronavirus ResourceCenter**. Acesso em: 02/04/2020. Disponível em: <<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>>.

[3] Ministério da Saúde. **O que é coronavírus (COVID-19)**. Acesso em: 02/04/2020. Disponível em: <<https://coronavirus.saude.gov.br/>>.

[4] FIOCRUZ. **Por que a doença causada pelo novo vírus recebeu o nome de COVID-19?**. Acesso em: 02/04/2020. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/pergunta/por-que-doenca-causada-pelo-novo-virus-recebeu-o-nome-de-covid-19>>.

[5] World Health Organization (WHO). **Frequently asked questions on Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV)**. Acesso em: 01/04/2020. Disponível em: <https://www.who.int/csr/disease/coronavirus_infections/faq/en/>.

[6] World Health Organization (WHO). **Basic protective measures against the new coronavirus**. Acesso em: 28/03/2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>>.

[7] FIOCRUZ. **Talk show – Novo Coronavírus SARS-CoV-2 COVID**. Acesso em: 01/04/2020. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/video/talk-show-novo-coronavirus-sars-cov-2-covid-19>>.

[8] World Health Organization (WHO). **Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic**. Acesso em: 25/03/2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>>.

[9] Ministério da Saúde. **Painel Coronavírus Brasil**. Acesso em: 31/03/2020. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>>.

[10] Ministério da Saúde. **Secretárias Estaduais de Saúde do Brasil**. Acesso em: 28/03/2020. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/secretarias-estaduais>>

[11] FIOCRUZ. **COVID-19 | Novo coronavírus**. Acesso em: 31/03/2020. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/coronavirus>>.

[12] UFBA, FIOCRUZ, CIDACS. **Painel Coronavírus Brasil**. Acesso em: 29/03/2020. Disponível em: <<http://painel.covid19br.org/>>.

[14] Ministério da Saúde. **Saúde anuncia orientações para evitar a disseminação do coronavírus**. Acesso em: 20/03/2020. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46540-saude-anuncia-orientacoes-para-evitar-a-disseminacao-do-coronavirus>>.

[15] SESPÁ. **Twitter da SESPÁ Pará**. Acesso em: 18/03/2020. Disponível em: <<https://twitter.com/sespapara>>.

[16] Agência Pará. **Confirmado o primeiro caso de Covid-19 no Pará**. Acesso em: 18/03/2020. Disponível em: <<https://agenciapara.com.br/noticia/18475/>>.

[17] Diário Online. **Pará tem a primeira morte por Covid-19**. Acesso em: 01/04/2020. Disponível em: <<https://www.diarioonline.com.br/noticias/para/581232/para-tem-a-primeira-morte-por-covid-19>>.

[18] Britton, N. **Essential mathematical biology**(Springer undergraduate mathematics series), Springer, 2003.

[19] Nature. **Mystery deepens over animal source of coronavirus**. Acesso em: 26/02/2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-020-00548-w>>.

[20] Flaxma, et. al. **Estimating the number of infections and the impact of nonpharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries**. Imperial College COVID-19 Response Team, 30 March 2020.

[21] PROCC/Fiocruz e EMap/FGV. **Estimativa de risco de espalhamento da COVID-19 no Brasil e o impacto no sistema de saúde e população por microrregião**. 1º relatório - 17 março 2020.

[22] Aasim Azooz. **Software for coronavirus modelling**. MATLAB Central File Exchange. MATLAB Central File Exchange. Acessado em: 17/03/2020. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/74538-software-for-coronavirus-modelling>>.

[23] Cabral, R., Tadaiesky, G., Carlos, R. **O pico de produção de etanol: Uma abordagem baseada no modelo de Hubbert**. IV Congresso Internacional de Biomassa, Curitiba, PR – 2019.

[24] Ribeiro, R. C. M. ; Viana, M. S. ; Rodrigues, C. C. ; Marques, G. T. ; Chase, O. A. **Modelagem estatística da produção de bioetanol proveniente de rejeitos de frutas**. Revista Brasileira de Biomassa e Energia, v. 6, p. 30-34, 2019.

[25] Ribeiro, R. C. M. ; Viana, M. S.; Marques, G. T.; Júnior, P. C. S. ; Campos, P. S. S. ; Chase, O. A. ; Almeida, J. F. **Bioethanol Production and Statistical Modeling from Fruit Residual Biomass Potential**. INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING RESEARCH AND SCIENCE, v. 6, p. 242-248, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.68.30>.

[26] SESP. **Governador do Pará assina decreto com medidas de enfrentamento para o Coronavírus**. Acesso em: 18/03/2020. Disponível em: <<http://www.saude.pa.gov.br/2020/03/17/governador-do-para-assina-decreto-com-medidas-de-enfrentamento-para-o-coronavirus/>>.

[27] G1 Pará. **Governo do Pará anuncia pacote de medidas e determina fechamento de shoppings, bares e restaurantes**. Acesso em: 20/03/2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/03/20/governo-do-para-determina-fechamento-de-shoppings-bares-restaurantes-como-prevencao-ao-novo-coronavirus.ghtml>>.