

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY  
ESCOLA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PRIORIZAÇÃO DAS DOSES DA VACINA CONTRA COVID-19: UM  
ESTUDO QUANTITATIVO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RIO DE JANEIRO

2022

CAROLINE PEREIRA DO NASCIMENTO DA COSTA

PRIORIZAÇÃO DAS DOSES DA VACINA CONTRA COVID-19: UM ESTUDO  
QUANTITATIVO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

ORIENTADOR: PROFESSOR DSC. MARCO AURÉLIO CARINO BOUZADA

RIO DE JANEIRO

2022

**CATALOGAÇÃO NA FONTE**  
**UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECAS**

C837p

Costa, Caroline Pereira do Nascimento da.

Priorização das doses da vacina contra COVID-19: um estudo quantitativo no Estado do Rio de Janeiro / Caroline Pereira do Nascimento da Costa. – Duque de Caxias, RJ: UNIGRANRIO, 2022.

114 f.

Dissertação (Mestrado). - UNIGRANRIO. Escola de Ciências Sociais e Aplicadas. Rio de Janeiro, 2022.

Orientador: Marco Aurélio Carino Bouzada.

1. Vacinação. 2. COVID-19. 3. Otimização. 4. Rio de Janeiro. 5. Métodos quantitativos. 6. Gestão estratégica. I. Bouzada, Marco Aurélio Carino. II. Título. III. Unigranrio.

CDD – 576

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Caroline Pereira do Nascimento da Costa

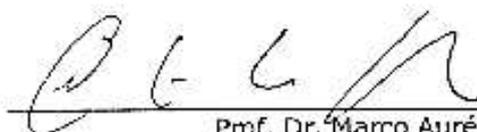
“Priorização das doses da Vacina Contra COVID-19: Um estudo Quantitativo no Estado do Rio de Janeiro”

Dissertação apresentada à Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, como parte dos requisitos parciais para obtenção do grau de Mestre em Administração.

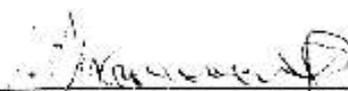
Área de Concentração:  
Gestão Organizacional.

Aprovada em 31 de Janeiro de 2023.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Marco Aurélio Carino Bouzada  
Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO



Prof. Dr. Josir Simeone Gomes  
Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO



Profa. Dra. Veranyse Jacubowski Correia Dubeux  
ESPM

## DEDICATÓRIA

*À minha mãe, Sandra Regina e a minha avó Vilma, in memoriam, pelo amor, apoio e incentivos incondicionais; a minha amada filha Isabella, que me proporciona momentos de alegria, amadurecimento e compreensão do papel materno em meio à seriedade do dia a dia; em especial, dedico este trabalho ao meu marido Renato da Costa, pessoa que mudou minha trajetória ao entrar na minha vida, com muito amor e paciência. Muito obrigada pela sua compreensão com as minhas horas de ausência por causa dos estudos e trabalho. Sem você, eu não teria alcançado esta conquista. Nada disso teria sentido se vocês não existissem na minha vida.*

*Amo vocês.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por me permitir alcançar mais esta conquista.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Aurélio Carino Bouzada, por suas orientações sempre precisas, pelo incentivo, pelos ensinamentos, pela paciência e sinceridade durante o período de orientação. Em especial, agradeço por confiar no meu trabalho, na minha capacidade e por me aceitar em seu seletivo grupo de pesquisa.

Aos demais professores do programa de pós-graduação em Administração da Universidade do Grande Rio Professor José De Souza Herdy, pela excelência em transmitir os conhecimentos em sala de aula num período pandêmico como passamos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Josir Simeone Gomes e Prof. Dra. Veranise Jacobowski Correia Dubeaux, que gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta pesquisa de mestrado.

À Marinha do Brasil (MB) e ao Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV), particularmente na pessoa do Diretor, Capitão de Mar e Guerra Caio Germano Cardoso, pelo apoio institucional para que eu pudesse me dedicar ao curso e participar de eventos acadêmicos que contribuíram com a minha formação.

Aos amigos de turma da Marinha os Primeiros-Tenentes Thiago Barreto, Wisthon Douglas, Alessandro Gutzmer e aos Capitães-Tenentes Thaís Evelin e Igor Pinheiro pela amizade, troca de conhecimentos, experiências e dicas durante esta jornada. Expresso minha eterna gratidão pelo apoio incondicional.

À minha mãe deixo um agradecimento especial, por todas as lições de amor, companheirismo, amizade, caridade, dedicação, abnegação, compreensão e perdão que você me dá a cada novo dia. Sinto-me orgulhosa e privilegiada por ter uma mãe tão especial.

Ao meu amado esposo Renato da Costa, por todo amor, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. Obrigada por permanecer ao meu lado, mesmo sem os carinhos rotineiros, sem a atenção devida e depois de tantos momentos de lazer perdidos. Obrigada pelo presente de cada dia, pelo seu sorriso e por saber me fazer feliz.

À minha princesa Isabella, por todo amor incondicional que você sempre me deu. Inúmeras foram as vezes pela madrugada, após concluir algum trabalho, fui até o seu quarto e lá te dava um beijo de boa-noite, feliz por você fazer parte da minha vida. A sua existência é o reflexo mais perfeito da existência de Deus.

E a todos que entenderam essa nova etapa da minha vida e as minhas ausências em prol do meu crescimento acadêmico, o meu sincero agradecimento.

E o futuro é uma astronave que tentamos pilotar,  
Não tem tempo nem piedade, nem tem hora de chegar.  
Sem pedir licença muda a nossa vida,  
depois convida a rir ou chorar.  
Nessa estrada não nos cabe conhecer ou ver o que virá.  
O fim dela ninguém sabe bem ao certo onde vai dar.  
Vamos todos numa linda passarela  
De uma aquarela que um dia, enfim, descolorirá.  
(Toquinho e Vinícius de Moraes)

## RESUMO

Os países em desenvolvimento ainda lutam para conter e mitigar a propagação da doença pelo covid-19, e os líderes mundiais exigem distribuição equitativa de vacinas para o desencadeamento da recuperação econômica. Apesar das inúmeras estratégias de prevenção usadas para controlar a covid-19, o melhor método para conter essa doença é a vacinação. No Brasil, o estado do Rio de Janeiro chegou a ser considerado o de maior taxa de letalidade, com uma morte a cada 20 infectados pelo “novo” vírus. A primeira fase da campanha de vacinação contra a doença no estado contou com apenas 488.320 doses do imunizante. Com isso, esta pesquisa teve como objetivo investigar os problemas encontrados pela administração pública quanto à distribuição de imunizantes, visando assim, discorrer por possíveis alternativas estratégicas para o enfrentamento da doença no Estado do Rio de Janeiro, ponderando a indicação da(s) melhor(es) faixas etárias e/ou dos municípios que possivelmente poderiam ser priorizados quanto à oferta inicial do primeiro lote de vacinas. Foram utilizados dados dos principais sítios de observatórios epidemiológicos no início da pandemia de covid-19. As variáveis de desempenho estudadas foram vidas salvas e anos salvos. Na primeira fase da pesquisa, os resultados obtidos evidenciaram que ao concentrar a aplicação de vacinas disponíveis na população mais idosa, obtém-se maior quantidade de vidas salvas, independente da eficácia do imunizante. Demonstra-se que a faixa populacional de 70 a 79 anos é a que apresenta resultados superiores quanto a expectativa de anos salvos em relação às demais faixas etárias. Na segunda fase da pesquisa foram coletados os dados necessários para que a análise de vidas salvas e anos salvos pudesse ser realizada caso houvesse uma priorização da distribuição das vacinas dentro de municípios com maior letalidade e para isso foi realizado uma clusterização com *machine learning*. Foi possível concluir que a vacinação concentrada no município do Rio de Janeiro em detrimento aos demais clusters traria melhores resultados tanto em quantidade de vidas salvas quanto em quantidade de anos salvos. A principal contribuição da pesquisa foi identificar novas práticas para distribuição eficaz de vacinas contra a covid-19 sob limitações de recursos, visando maximizar a quantidade de vidas e anos de vida salvos em uma população.

**Palavras-chave:** Vacinação; Vacina covid-19; Covid-19; Otimização, Rio de Janeiro; Métodos Quantitativos; Gestão Estratégica.

## ABSTRACT

Developing countries are still struggling to contain and mitigate the spread of COVID-19 disease, and world leaders are demanding equitable distribution of vaccines to trigger economic recovery. Despite the numerous prevention strategies used to control covid-19, the best method to contain this disease is vaccination. In Brazil, the state of Rio de Janeiro was considered to have the highest lethality rate, with one death in every 20 infected by the “new” virus. The first phase of the vaccination campaign against the disease in the state had only 488,320 doses of the vaccine. With this, this research aimed to investigate the problems encountered by the public administration regarding the distribution of immunizers, thus aiming to discuss possible strategic alternatives for coping with the disease in the State of Rio de Janeiro, considering the indication of the best(s) age groups and/or municipalities that could possibly be prioritized regarding the initial offer of the first batch of vaccines. Data from the main sites of epidemiological observatories were used at the beginning of the covid-19 pandemic. The performance variables studied were lives saved and years saved. In the first phase of the research, the results obtained showed that by concentrating the application of vaccines available in the elderly population, a greater number of lives are saved, regardless of the effectiveness of the vaccine. It is demonstrated that the population group from 70 to 79 years is the one that presents superior results regarding the expectation of years saved in relation to the other age groups. In the second phase of the research, the necessary data were collected so that the analysis of lives saved, and years saved could be carried out if there was a prioritization of the distribution of vaccines within municipalities with higher lethality and for this a clustering with machine learning was carried out. It was possible to conclude that vaccination concentrated in the city of Rio de Janeiro to the detriment of the other clusters would bring better results both in terms of the number of lives saved and the number of years saved. The main contribution of the research was to identify new practices for effective distribution of vaccines against covid-19 under resource constraints, aiming to maximize the number of lives and years of life saved in a population.

**Keywords:** Vaccination; Covid-19 vaccine; Covid-19; Optimization, Rio de Janeiro; Quantitative methods; Strategic management.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Linha do tempo relacionada à disseminação da covid-19 .....	33
<b>Figura 2:</b> Mapa de Distribuição das Variantes de Preocupação.....	42
<b>Figura 3:</b> Passos do estudo bibliométrico realizado .....	53
<b>Figura 4:</b> Estratégia de busca.....	54
<b>Figura 5:</b> Artigos analisados mais citados globalmente.....	58
<b>Figura 6:</b> Clusters de palavras-chave.....	58
<b>Figura 7:</b> Análise temporal das palavras-chave.....	61
<b>Figura 8:</b> Evolução temática dos artigos analisados .....	61
<b>Figura 9:</b> Análise do relacionamento entre os autores .....	62
<b>Figura 10:</b> Distribuição de artigos por área do conhecimento .....	64
<b>Figura 11:</b> Efetividade Coronavac .....	75
<b>Figura 12:</b> Matriz de Correlação de Pearson.....	85
<b>Figura 13:</b> Centroides.....	86
<b>Figura 14:</b> Visão Espacial dos Clusters por município do estado do Rio de Janeiro	90
<b>Figura 15:</b> Fluxograma .....	91

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Dados atualizados até 19 de janeiro de 2021 .....	20
<b>Tabela 2:</b> Resultados da pesquisa nos bancos de dados das bases Scopus .....	55
<b>Tabela 3:</b> Periódicos publicados .....	56
<b>Tabela 4:</b> Palavras-chave mais relevantes para o estudo .....	60
<b>Tabela 5:</b> Distribuição de artigos por instituição, com mais de 2 trabalhos publicados .....	63
<b>Tabela 6:</b> Distribuição de artigos por país ou território .....	63
<b>Tabela 7:</b> Faixas Etárias .....	71
<b>Tabela 8:</b> Fragmento dos Dados dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro.....	72
<b>Tabela 9:</b> Fragmento da Matriz de Expectativa de Vida por Idade .....	73
<b>Tabela 10:</b> Vidas Salvas Eficácia de 100%.....	74
<b>Tabela 11:</b> Clusters.....	87
<b>Tabela 12:</b> Resultado da Distribuição por faixa Etária no Município do Rio de Janeiro .....	91
<b>Tabela 13:</b> Resultado da Distribuição por faixa Etária nos 27 municípios .....	94
<b>Tabela 14:</b> Resultado da Distribuição .....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Projeção das vidas salvas .....	80
<b>Gráfico 2:</b> Projeção de vidas salvas por faixa etária caindo 5%.....	81
<b>Gráfico 3:</b> Projeção de vidas salvas por faixa etária caindo 10%.....	81
<b>Gráfico 4:</b> Projeção dos anos salvos.....	82
<b>Gráfico 5:</b> Projeção de anos salvos por faixa etária caindo 5% .....	83
<b>Gráfico 6:</b> Projeção de anos salvos por faixa etária caindo 10% .....	83
<b>Gráfico 7:</b> Eficácia Vacinal (95%).....	84
<b>Gráfico 8:</b> Eficácia Vacinal (80%).....	84
<b>Gráfico 9:</b> Método Cotovelo.....	86
<b>Gráfico 10:</b> Percentual da variância explicada nos componentes principais (PCA) .	87
<b>Gráfico 11:</b> Gráfico de Cluster.....	89
<b>Gráfico 12:</b> Projeção das vidas salvas no município do Rio de Janeiro .....	92
<b>Gráfico 13:</b> Projeção dos anos salvos no município do Rio de Janeiro.....	92
<b>Gráfico 14:</b> Eficácia Vacinal (95%).....	93
<b>Gráfico 15:</b> Eficácia Vacinal (80%).....	93
<b>Gráfico 16:</b> Projeção das vidas salvas nos 27 municípios do estado do Rio de Janeiro .....	94
<b>Gráfico 17:</b> Projeção dos anos salvos nos 27 municípios do estado do Rio de Janeiro .....	95
<b>Gráfico 18:</b> Eficácia Vacinal (95%).....	95
<b>Gráfico 19:</b> Eficácia Vacinal (80%).....	96
<b>Gráfico 20:</b> Distribuição vacinal por Vidas salvas.....	97
<b>Gráfico 21:</b> Distribuição vacinal por Anos Salvos.....	97

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**Anvisa:** Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**CENPE/MPRJ:** Centro de Pesquisas do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro

**CHC/UFPR:** Complexo Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná

**CIEVS-RJ:** Centro de Informações Estratégicas e Resposta de Vigilância em Saúde

**CNAS/CFMV:** Comissão Nacional de Animais Selvagens do Conselho Federal de Medicina Veterinária

**CONASS:** Conselho Nacional de Secretários de Saúde

**CONASEMS:** Conselho Nacional de Secretarias Municipais de Saúde

**FIOCRUZ:** Fundação Oswaldo Cruz

**HCOVS:** *Human coronaviruses*

**HUB/UnB:** Hospital Universitário de Brasília da Universidade de Brasília

**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**MERS-CoV:** Síndrome Respiratória do Oriente Médio de Coronavírus

**OMS:** Organização Mundial de Saúde

**OPAS:** Organização Pan-Americana da Saúde

**PNI:** Programa Nacional de Imunizações (PNI)

**RNA:** Ácido Ribonucleico

**RSI:** Regulamento Sanitário Internacional

**RT-PCR:** Transcrição reversa seguida de reação em cadeia da polimerase

**SARS-CoV:** Síndrome Respiratória Aguda Grave de Coronavírus

**SES:** Secretaria de Estado de Saúde

**SIM:** Sistema de Informação sobre Mortalidade e Ministério da Saúde

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	22
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	<b>22</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>23</b>
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	23
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO .....	24
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	26
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>28</b>
2.1 DA ORIGEM DO CORONAVÍRUS.....	28
<b>2.1.1 Histórico das doenças causadas por coronavírus</b> .....	<b>30</b>
2.2 EPIDEMIOLOGIA DO SARS-COV-2.....	31
<b>2.2.1 Epidemiologia do sars-cov-2 no Rio de Janeiro</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.2 Transmissão e diagnóstico do SARS-Cov-2</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.3 Tratamento</b> .....	<b>39</b>
<b>2.2.4 Variantes do coronavírus</b> .....	<b>40</b>
2.3 O ESCOPO DA RESPONSABILIDADE DA GESTÃO PÚBLICA EM SUAS ESFERAS EM TEMPOS DE PANDEMIA.....	43
2.4 CRITÉRIOS USADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE VACINAS CONTRA A COVID-19 NO PAÍS .....	49
2.5 EXPLORAÇÃO BIBLIOMÉTRICA DA TEMÁTICA .....	52
<b>2.5.1 Revisão sistemática dos principais métodos identificados na exploração bibliométrica</b> .....	<b>64</b>
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O REFERENCIAL TEÓRICO .....	67
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>70</b>
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	70
3.2 COLETA DE DADOS .....	70
3.3 TRATAMENTO DOS DADOS – FASE 1 .....	72
3.4 TRATAMENTO DOS DADOS – FASE 2.....	76
3.5 LIMITAÇÕES.....	78
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>80</b>

4.1 FASE 1 – PRIORIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DA VACINA POR FAIXA ETÁRIA, LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A QUANTIDADE DE ANOS SALVOS E DE VIDAS SALVAS .....	80
4.2 FASE 2 – PRIORIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DA VACINA POR GRUPOS DE MUNICÍPIOS PARA MAXIMIZAR A QUANTIDADE DE VIDAS E ANOS SALVOS ..	85
<b>4.2.1 Análise do Cluster 2 – Município do Rio de Janeiro .....</b>	<b>90</b>
<b>4.2.2 Análise do Cluster 4 – 27 municípios do Rio de Janeiro .....</b>	<b>93</b>
4.3 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS DAS FASES 1 COM A FASE 2.....	96
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>99</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, a Organização Mundial de Saúde (OMS) foi informada sobre inúmeros casos que relatavam síndromes respiratórias. Tratava-se de um novo coronavírus que não havia sido identificado antes em seres humanos (PAHO, 2020). Em janeiro de 2020, as autoridades chinesas confirmaram a identificação em seu território de um novo tipo de coronavírus. De acordo com fontes oficiais chinesas, esses primeiros casos foram relacionados principalmente ao Mercado Atacadista de Frutos do Mar de Huanan, na cidade de Wuhan, na China, que também vendia animais vivos (WOODWARD, 2020).

Esse vírus já era conhecido por pesquisadores, sendo encontrado em toda a parte, sendo considerado a segunda principal causa de resfriados comuns até décadas atrás e raramente causavam reações graves na população (BRASIL, 2020).

Segundo estudos publicados no site da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), sete coronavírus humanos (HCoVs) já foram identificados, sendo eles: HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU1, SARS-CoV (que causa síndrome respiratória aguda grave), MERS-CoV (que causa síndrome respiratória do Oriente Médio) e o mais recente, o novo coronavírus (que no início foi temporariamente nomeado 2019-nCoV) que em 11 de fevereiro de 2020, recebeu o nome de SARS-CoV-2 (PAHO, 2020).

O SARS-CoV-2 é um vírus RNA<sup>1</sup> de cadeia simples positiva e pertence a uma grande família de vírus denominada coronavírus. Esse novo coronavírus é o responsável por causar a doença covid-19 (FEHR *et al.*, 2015).

O conceito de Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional visa uma maior preocupação com a disseminação ou propagação de agentes etiológicos e doenças, de natureza infecciosa, química e radionuclear, sendo o mais alto nível de alerta da Organização, conforme previsto no Regulamento Sanitário Internacional (RSI) (PAHO, 2020).

Essa é a sexta vez na história da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional que é declarada um caráter emergencial (DOMINGUEZ, 2020). Podemos citar alguns desses eventos, como: a pandemia de H1N1 em 2009, a disseminação internacional de poliovírus em 2014, surto do ebola na África

---

1 Vírus que são mais propensos a sofrer mutações genéticas

Ocidental em 2014, vírus zika e o aumento de casos de microcefalia e outras malformações congênitas em 2016 e o surto de ebola na República Democrática do Congo em 2018 (PAHO, 2020).

A responsabilidade de se determinar se um evento constitui uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional cabe ao diretor-geral da OMS e requer a convocação de um comitê de especialistas para identificar as medidas necessárias e recomendadas a serem promulgadas em caráter emergencial de saúde para prevenir ou reduzir a propagação mundial de doenças e evitar interferências desnecessárias no comércio e tráfego internacional (PAHO, 2020).

Em 24 de janeiro de 2020, um artigo publicado na revista *The Lancet* (HUANG *et al.*, 2020) indicou a transmissão humana, recomendando fortemente equipamentos de proteção individual para profissionais de saúde e disse que o teste do vírus seria essencial devido ao seu "potencial pandêmico". Em 11 de março de 2020, a covid-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia, tornando-se uma das mais mortais da história (WHO, 2020).

O termo pandemia tem sua origem no grego *pandemias* que significa de "todo o povo", no qual refere-se a uma epidemia de doença infecciosa que se espalha entre a população localizada numa grande região geográfica como, por exemplo, todo o planeta Terra, não tendo relação, portanto, com a sua gravidade (GREENBERG *et al.*, 2005).

Durante os primeiros estágios do surto, o número de casos dobrava aproximadamente a cada sete dias e meio (LI *et al.*, 2020). Os sintomas de covid-19 são altamente variáveis, não se equiparando com nenhum tipo doença com risco de morte. O vírus se espalha principalmente pelo ar e pela proximidade das pessoas infectadas. Sua transmissão se dá através da respiração, tosse, espirro ou fala e entra em outra pessoa pela boca, nariz ou olhos, sua proliferação também pode se espalhar através de superfícies contaminadas. O contágio permanece por até duas semanas e pessoas podem espalhar o vírus mesmo se forem assintomáticas (GREENHALGH, 2021).

Algumas das medidas preventivas recomendadas incluem o distanciamento social, o uso de máscaras faciais em público, lavagem das mãos, cobertura da boca ao espirrar ou tossir, desinfecção de superfícies e monitoramento e autoisolamento para pessoas expostas ao vírus ou sintomáticas (BRASIL, 2020).

As medidas de contenção adotadas por governos do mundo todo acarretaram impactos psicossociais profundos e duradouros, estando associados principalmente com a ansiedade, depressão, stress e com o aumento do número de suicídios. O medo de contágio e o isolamento social são alguns dos fatores estressantes resultantes da pandemia e das medidas de controle impostas por autoridades, como quarentenas, que podem contribuir para uma piora no quadro de saúde mental da população. Os profissionais da saúde e estudantes são alguns dos grupos mais afetados (CULLEN *et al.* 2020).

Diante da necessidade da adoção do isolamento social, pode ser visto uma modificação do modo de nós, seres humanos, trabalharmos, estudarmos e até mesmo nos relacionarmos, e a internet, sem dúvida, foi uma grande protagonista. Para Matta *et al.* (2021) grandes impactos políticos, culturais e socioeconômicos da pandemia podem ser vistos na sociedade. As mudanças mais percebidas nesse período estão o aumento do teletrabalho e do ensino à distância, assim como, a regionalização de cadeias de fornecimento globais e o aumento da polarização política.

No Brasil, o primeiro caso de covid-19 foi confirmado em 26 de fevereiro de 2020. Em 3 de março, já havia 488 casos suspeitos notificados, 2 confirmados e 240 descartados no país, sem evidência de transmissão local. Os dois primeiros casos confirmados eram de indivíduos do sexo masculino, residentes na cidade de São Paulo, que haviam regressado de viagem à Itália (BRASIL, 2020), cujo cenário sem precedentes atuais mudou a maneira de viver de toda população brasileira.

Diante deste cenário, a administração pública enfrentou grandes desafios (PECI, 2020). A pandemia da covid-19 pôde ser caracterizada como uma crise extrema, de percepção generalizada aos valores ou preceitos fundamentais de um sistema social, demandando ações urgentes em circunstâncias incertas mundialmente (ROSENTHAL; CHARLES; HART, 1989). As tomadas de decisões governamentais passaram a ter impacto não somente na maneira de viver, mas na vida propriamente dita. A necessidade de gerenciar recursos vitais como equipamentos e medicamentos hospitalares em tempos de crise provocou e envolveu desde políticos, administradores do setor público, membros do judiciário e profissionais da área de saúde, obrigados a incansáveis reflexões implicando inclusive o questionamento de valores morais e éticos (BRASIL, 2022).

Em um país como o Brasil, de dimensões continentais, considerando-se as enormes diferenças regionais, culturais, climáticas, topográficas e demográficas, o procedimento de estabelecer normas é vital para a viabilidade de políticas públicas, como o Programa Nacional de Imunizações (PNI), cuja operacionalização é fundamentada na articulação entre as três esferas do SUS (BRASIL, 2014, p. 12).

O PNI é responsável pela organização de toda a política nacional de vacinação da população brasileira e tem como missão o controle, a erradicação e a eliminação de doenças imunopreveníveis,<sup>2</sup> além disso, as diretrizes e responsabilidades para a execução das ações de vigilância em saúde, incluindo as ações de vacinação, estão definidas em legislação nacional que aponta que a gestão das ações é compartilhada pela União, pelos estados, pelo Distrito Federal e pelos municípios (BRASIL, 2014).

A competência para gestão da saúde pública é de todos os entes federativos (União, estados, DF e Municípios) (BRASIL, 1988), já a competência material (administrativa) é de todos, mas a competência legislativa é concorrente<sup>3</sup> (BRASIL, 1988), ou seja, a União edita as normas gerais e os estados e DF legislam sobre a parte específica, conforme estabelecido constitucionalmente.

A Lei nº 6.259, de 1975, estabelece em seu art. 3º, que:

Cabe ao Ministério da Saúde a elaboração do Programa Nacional de Imunizações, que definirá as vacinações, inclusive as de caráter obrigatório. Parágrafo único. As vacinações obrigatórias serão praticadas de modo sistemático e gratuito pelos órgãos e entidades públicas, bem como pelas entidades privadas, subvencionadas pelos Governos Federal, Estaduais e Municipais, em todo o território nacional (BRASIL, 1975, não paginado).

No campo das políticas públicas, muitos estudos têm buscado fornecer respostas a essas questões (BOIN, 2020). De modo geral, esses estudos destacam que a forma como milhares de países reagiram à pandemia é função das capacidades e das características dos sistemas de administração pública existentes em cada localidade.

---

2 Doença imunoprevenível é aquela que pode ser evitada ao aplicar a vacina, como por exemplo, o sarampo, a catapora (varicela) e a tuberculose dentre outras (SILVA; FLAUZINO; GONDIM, 2017, p. 179-214).

3 Competência que se exerce simultaneamente sobre a mesma matéria por mais de uma autoridade ou órgão. No âmbito da competência concorrente entre leis, deve-se observar o princípio da hierarquia das normas, onde a legislação federal tem primazia sobre a estadual e municipal e, a estadual sobre a municipal. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/processos/nome/292379/competencia-concorrente>

O Estado do Rio de Janeiro é o terceiro mais populoso do Brasil e o segundo mais importante economicamente do país. O saldo atual dessa doença no Estado supera a marca de mais de 70 mil mortes frente à contaminação de aproximadamente 2,2 milhões de casos, segundo dados do site do Governo do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2022) nos dias de hoje<sup>4</sup>. No início da pandemia, chegou a ser considerado o Estado com maior taxa de letalidade, com uma morte a cada 20 infectados, segundo boletins publicados no site do Ministério da Saúde (BRASIL, 2022).

Os números observados na Tabela 1 retratam dados do início da pandemia em 05/03/2020 no Estado do Rio de Janeiro, até a primeira fase da campanha de vacinação contra a covid-19, no qual contou, inicialmente, com apenas 488.320 mil doses do imunizante disponibilizado pelo Instituto Butantan, importado da empresa chinesa Sinovac. O início do recebimento do primeiro lote de vacinação ocorreu em 19/01/2021 (RIO DE JANEIRO, 2021).

**Tabela 1:** Dados atualizados até 19 de janeiro de 2021

POPULAÇÃO	CASOS	ÓBITOS COVID	PERCENTUAL CASOS	PERCENTUAL ÓBITOS COVID	RELAÇÃO ÓBITOS COVID X CASOS
16.338.710	654.782	33.749	4,0076%	0,2066%	5,1542%

Fonte: do autor.

Em situações de epidemia, o número de pessoas psicologicamente afetadas costuma ser maior que o de pessoas acometidas pela infecção, sendo estimado que um terço a metade da população possa apresentar consequências psicológicas e psiquiátricas caso não recebam cuidados adequados (CEPEDES, 2020a; ORNELL *et al.*, 2020). Um relatório publicado pelo Banco Mundial (2020) retrata como o número de mortes impactou milhões de pessoas direta ou indiretamente, afetando significativamente inclusive aspectos sociais, econômicos e previdenciários, tornando ainda maior o peso das decisões governamentais acerca do combate ao vírus covid-19.

Para minimizar esse impacto, diversos países e empresas farmacêuticas empreenderam esforços na produção de uma vacina segura e eficaz contra a covid-

---

<sup>4</sup> Junho de 2022.

19 (ANTENOR, 2020). Diversas vacinas estiveram em desenvolvimento, sendo uma das medidas de melhor custo-efetividade para os sistemas de saúde. Em geral, as vacinas estão entre os medicamentos mais seguros para o uso humano, proporcionando amplos benefícios à saúde pública de um país, mas como qualquer outro medicamento, não são isentas de riscos (WHO, 2020). Num primeiro momento, apenas duas vacinas com registro emergencial foram aprovadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para uso no país, a saber: a vacina Coronavac (Sinovac/Butantan), e a do laboratório AstraZeneca/Universidade de Oxford em parceria com a Fiocruz (BRASIL, 2021).

Conforme relatório publicado pelo Conselho Federal de Medicina (2021), a vacina Coronavac foi desenvolvida pela Sinovac Research & Development em parceria com o Instituto Butantan. Participaram deste estudo 12 instituições, incluindo o Hospital Universitário de Brasília da Universidade de Brasília (HUB-UnB) e o Complexo Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (CHC-UFPR). A vacina Coronavac é composta de vírus inativados, fazendo com que o sistema imunológico identifique o invasor e produza defesas contra ele. Assim, quando o corpo entrar em contato com o vírus ativo, não será infectado.

Nesse mesmo relatório são abordadas informações acerca da vacina de Oxford contra a covid-19, produzida pelo laboratório AstraZeneca e pela Universidade de Oxford, onde concluiu seu uso emergencial no Brasil em janeiro de 2021. A vacina de Oxford é baseada em vetores virais. Nesse tipo de vacina, um vírus como sarampo ou adenovírus é geneticamente modificado para carregar as informações necessárias para produzir proteínas do coronavírus. No caso da Vacina de Oxford, o adenovírus do Chipanzé é utilizado para carregar DNA da proteína *spike*<sup>5</sup> do SARS-CoV-2, proteína chave no processo de infecção do vírus nas células humanas.

A missão de uma vacina é ensinar ao sistema imune como se defender de um agente infeccioso (SILVA *et al.*, 2020), ou seja, tanto a CoronaVac, como a vacina de Oxford, faz isso ao estimular a produção de anticorpos que se ligam na proteína *spike*, peça chave para entrada do vírus na célula.

---

5 A proteína Spike é associada à capacidade de entrada do patógeno nas células humanas e é um dos principais alvos dos anticorpos neutralizantes produzidos pelo organismo para bloquear o vírus. Consultado em 21 de setembro de 2022 [informação obtida em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/rede-ge-nomica-fiocruz-detecta-alteracoes-ineditas-na-proteina-spike-do-sars-cov-2>]

Em janeiro de 2021, no Estado do Rio de Janeiro, surgiram as primeiras doses das vacinas supramencionadas, que com o tempo trariam à vida um novo normal. Esses recursos inicialmente foram disponibilizados em uma quantidade muito inferior ao desejado. O primeiro lote de 488.320 unidades da vacina CoronaVac correspondeu a menos de 3% da estimativa populacional no cronograma de vacinação do estado do RJ.

Diante da escassez de recursos, os gestores públicos têm o desafio de priorizar a distribuição das vacinas entre grupos ou faixas etárias visando minimizar os impactos da mortalidade, em atender o interesse público, os anseios sociais e ao mesmo tempo manter os princípios da equidade e isonomia, diante dos problemas encontrados pela administração pública quanto à gestão de imunizantes em um período pandêmico e sem precedentes. Além disso, em estados com grande heterogeneidade em termos de densidade demográfica como o fluminense, cabe indagar se faz sentido distribuir as doses uniformemente entre os municípios ou priorizar aqueles com maiores possibilidades de contaminação e potencial de letalidade.

Logo, indaga-se, como pergunta de pesquisa: **A quem deveria ter sido priorizada a oferta inicial da vacina no Estado do Rio de Janeiro?**

## 1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

A elaboração deste estudo foi construída a partir do Objetivo Geral e dos Objetivos Específicos definidos nos tópicos a seguir, tendo como intenção através de um estudo quantitativo no estado do Rio de Janeiro apresentar possíveis cenários para a priorização das doses da vacina contra covid-19.

### 1.1.1 Objetivo geral

A elaboração deste estudo tem por objetivo geral subsidiar com informações e investigar os problemas encontrados pela administração pública quanto à gestão de imunizantes na pandemia do covid-19 e em possíveis novas epidemias, endemias ou até mesmo pandemias, visando assim, discorrer pela adoção de estratégias para enfrentamento da doença e propor cenários para reflexão e apoio à tomada de decisão no Estado do Rio de Janeiro, quanto à indicação da(s) melhor(es) faixas

etárias e/ou dos municípios que possivelmente poderiam ser priorizados quanto à oferta inicial do primeiro lote de vacinas no referido Estado.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Discorrer sobre as ações adotadas na gestão de imunizantes durante o cenário de pandemia;
- b) Identificar e apresentar dados populacionais e históricos durante o período de pandemia até o início da vacinação no estado do Rio de Janeiro;
- c) Apresentar possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em consideração a quantidade de anos de vidas salvas, proporcionando menor impacto na expectativa de vida;
- d) Apresentar possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em consideração a quantidade de vidas salvas;
- e) Apresentar possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em consideração a escolha de municípios prioritários para maximizar a quantidade de vidas e anos salvos.

## **1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA**

O objeto de estudo foi o Estado do Rio de Janeiro, que está subdividido em 92 municípios e oito regiões de Governo e apresenta uma extensão de 43.696 km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 16,3 milhões de habitantes. Além disso, outro o objeto para análise da estratégia de gestão de imunizantes trata inicialmente do primeiro lote de vacinas distribuído em janeiro de 2021 no Estado do Rio de Janeiro, tendo como parâmetro a eficácia da vacina CoronaVac.

Este estudo compreendeu os dados do marco inicial da covid-19 no Estado do Rio de Janeiro em 5 de março de 2020 até o dia 19 de janeiro de 2021 data em que foram recebidos os primeiros lotes das doses da vacina CoronaVac, analisando assim, os dois anos que precedem o início do covid-19 e dados específicos que marcaram o início da pandemia até a aplicação do primeiro lote de vacinas.

Neste estudo foram consideradas 10 (dez) faixas etárias dentre 5 a 99 anos, sendo ignorada a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, tendo em vista a não recomendação inicial da aplicação da vacina e devido à carência de dados

complementares sobre estudos que ainda se encontram em andamento caracterizando o benefício da vacina frente à situação epidemiológica existente no momento (BRASIL, 2022). A faixa etária superior a 100 anos de idade foi ignorada por ter baixa representatividade em números, e foram ignoradas também as prioridades associadas às atividades profissionais e da população com comorbidades devido à dificuldade encontrada em mensurar os números em bases de dados públicos frente a uma variedade de doenças.

Posteriormente, foram coletados os dados individuais acerca dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro e desconsiderados 25 por possuírem população inferior a 20 mil habitantes, com maior potencial de distorção na letalidade por 100 mil habitantes. Desse modo, para definir as prioridades na distribuição da vacina, foram usados os 67 municípios restantes.

### 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A pandemia do coronavírus assumiu no Brasil uma dimensão de catástrofe humanitária, no qual milhares de pessoas perderam suas vidas e outras tantas têm apresentado sequelas de uma lenta recuperação. Impactos socioeconômicos também podem ser vistos pela redução da população na economia, na indisponibilidade de empregos para uma população economicamente mais vulnerável, assalariada ou que exercia trabalhos informais aumentada pelo isolamento social.

Segundo dados do IBGE,<sup>6</sup> devemos considerar que embora o Rio de Janeiro seja o menor estado da região Sudeste, é considerado o terceiro Estado mais populoso do Brasil e o segundo mais importante economicamente do país. Apresenta a maior densidade demográfica da região sudeste, 365,23 hab./km<sup>2</sup>, e a segunda maior do país, ficando atrás apenas do Distrito Federal.

Conforme dados extraídos do Ministério da Saúde,<sup>7</sup> o Rio de Janeiro foi considerado um dos estados com maior letalidade do país, apresentando mortalidade pela covid de 427,9 pessoas para cada 100.000 habitantes.

---

<sup>6</sup> IBGE, IBGE. Rio de Janeiro. Consultado em 05 de julho de 2022. Informação obtida em: <https://ibge.gov.br>

<sup>7</sup> Dados extraídos pelo Ministério da Saúde em 10 de junho de 2022.

O trabalho apresenta informações capazes de contribuir com os gestores na tomada de decisão em um cenário de escassez de imunizantes (nesta ou em outras pandemias), de acordo com fatores que considerarem importantes, como a quantidade de vidas salvas e a quantidade de anos salvos, possibilitando inferir no impacto da expectativa de vida, no PIB, dentre outros anseios que possam vir a surgir para um gestor.

Estudos já afirmam que a crise pandêmica deve desacelerar o crescimento populacional. A pandemia de covid-19 causou em 2020 a maior redução na expectativa de vida do mundo desde a Segunda Guerra Mundial, em mais de dois anos nos Estados Unidos (ABURTO *et al.*, 2022). Já no Brasil, esse impacto na expectativa de vida é de até 4,4 anos, decrementando assim, a população economicamente ativa (CAMARANO, 2022).

Se houvesse doses vacinais em abundância, qualquer programa de imunização idealizado poderia atingir os objetivos esperados do controle pandêmico, mas naquele momento foi necessário estabelecer prioridades. As vacinas aprovadas emergencialmente pela ANVISA não detinham estudos suficientes que comprovassem a eficácia, além da capacidade de produção e armazenamento.

A grande maioria dos países, como os Estados Unidos, Portugal, Alemanha, Itália, Inglaterra e inclusive o Brasil, optaram pelo início da vacinação em idosos, pessoas com comorbidades e profissionais da saúde que estavam na linha de frente, visando assim, reduzir os casos graves e as mortes que nos assombravam, diante de um estoque limitado de vacina e dos crescentes casos de morte. Outro fator considerável nessa dicotomia seria a redução das hospitalizações e mortalidade, já que evitaria a sobrecarga do sistema de saúde, afetando assim, pessoas que têm outras doenças e que não podem ser atendidas adequadamente devido ao colapso nas UTI's (BUBAR, 2021).

A idade avançada é vista também como o principal fator de risco para o desenvolvimento de uma forma grave da doença em questão (MATTA *et al.*, 2021). Na contramão da maior parte dos países, a Indonésia, por exemplo, decidiu vacinar adultos com idade produtiva de 18 a 59 anos, apresentando a tese de que, desta forma, conteria o vírus mais rapidamente, já que era a faixa etária com maior circulação no país, acarretando assim, num número menor de casos, internações e mortes (DJAAFARA, 2021). Segundo o professor Amin Soebandrio, assessor do Governo da Indonésia, em entrevista ao Jornal BBC (2021), mencionou que os alvos

seriam aqueles que provavelmente espalhariam o vírus, já que daria ao país uma melhor chance de se obter ao que se chama Imunidade de Rebanho.<sup>8,9</sup>

Independente das estratégias implementadas pelos países mencionados, os testes realizados nas marcas que se encontram no mercado, até agora, mostram que as vacinas reduzem a transmissão, diminuem a gravidade dos casos e protegem tanto individual como coletivamente (GUIMARÃES, 2020). A vacinação em massa seria, portanto, a única forma de conter a pandemia e evitar o aparecimento de variantes mais perigosas do novo coronavírus (PLOTKIN, 2017).

Além de tudo, num cenário onde não se tinha as perspectivas de prazos para recebimento de novos lotes e vacinação em massa, houve a importância de se mensurar não apenas as vidas potencialmente salvas pela vacina, mas também a quantidade de anos de vida potencialmente salvos pelo imunizante, visando assim, discorrer pela adoção de melhores práticas e estratégias quanto a distribuição das vacinas recebidas para enfrentamento da doença e a proposição dos cenários neste trabalho para reflexão e apoio à tomada de decisão no Estado do Rio de Janeiro e em outras possíveis localidades.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O estudo é dividido em cinco capítulos, sendo este destinado à introdução e contextualização do problema a ser tratado no trabalho. Diante da necessidade de um estudo que aborde métodos quantitativos para se decidir e apoiar quanto as melhores estratégias de distribuição de vacina que visem direcionar a priorização das doses do imunizante contra covid-19, o primeiro capítulo contextualiza o surgimento do novo vírus da família coronavírus, assim como o impacto no mundo e sua decretação como pandemia. O segundo capítulo apresenta, a partir de uma vasta revisão da literatura, a historicidade das doenças causadas pelo covid-19, a origem do coronavírus e a forma como foi concebida, o momento pandêmico no Brasil e no estado do Rio de Janeiro, além das formas de transmissão, diagnósticos, tratamentos, variantes do coronavírus e quais vacinas da Covid-19 foram aprovadas inicialmente. Ainda no referencial teórico é abordada a responsabilização da gestão

---

8 Nomenclatura utilizada quando uma grande parte de uma comunidade se torna imune por meio de vacinações ou da disseminação em massa de uma doença.

9 Vacina contra covid-19: a estratégia do país que decidiu vacinar os jovens antes dos idosos. Informação obtida em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-55664307>

pública em suas três esferas com o objetivo de compreender que a saúde deve ser efetivada por meio de políticas públicas e quanto à responsabilidade de gerenciar recursos médicos e hospitalares, em especial as vacinas, levando em consideração a pergunta de pesquisa deste trabalho. Outro ponto de bastante relevância foram os critérios usados para a distribuição de vacinas contra a covid-19 no Brasil, cujo objetivo visava a garantia da distribuição equitativa das vacinas, salvar vidas e deter a propagação viral, sendo considerada a maior operação de aquisição e fornecimento de vacinas da história mundial.

A análise bibliométrica nesta dissertação foi uma importante ferramenta para se analisar como está a produção intelectual sobre o referido assunto, fornecendo uma visão geral exploratória e descritiva da produção científica sobre aplicação de métodos quantitativos de apoio à tomada de decisão quanto à distribuição das vacinas contra a covid-19. Além disso, a revisão da literatura revelou algumas aplicações que combinam métodos diversos para apoiar o processo de tomada de decisão em tempos da citada pandemia, sendo possível aproveitar as características de cada estudo quantitativo como forma de contribuição para o meio acadêmico.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia que foi desenvolvida neste estudo abordando o tipo de pesquisa realizada e os tipos de técnicas estatísticas e ferramentas para a coleta e análise de dados, além do tratamento dos dados e as limitações identificadas na pesquisa que possibilitaram analisar qual/quais a(s) melhor(es) faixa(s) e/ou grupo(s) de município(s) para aplicação do primeiro lote da vacina no estado do Rio de Janeiro, visando maximizar a quantidade de vidas e anos salvos, assim como as limitações identificadas neste trabalho.

No quarto capítulo são apresentados os resultados alcançados e as respectivas análises com o estudo para as fases 1 e 2.

O quinto capítulo apresenta as considerações finais e o propósito desta dissertação, assim como as contribuições com o meio acadêmico, às percepções identificadas no decorrer da pesquisa, além de oferecer sugestões para futuras pesquisas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura apresenta poucos estudos em que são aplicados métodos quantitativos na problemática de imunizantes em períodos pandêmicos.

Ao todo, foram encontrados poucos trabalhos que abordam a temática deste trabalho, identificados através de estudos bibliométricos como armazenamento e distribuição equitativa de vacinas, simulação de otimização de rotas para a melhoria do desempenho logístico, o uso de tecnologias e a integração entre modelos preditivos em um modelo prescritivo para otimização da distribuição de vacinas aos locais de vacinação.

Diante do exposto, neste capítulo, foi desenvolvida uma breve revisão teórica acerca da origem do coronavírus, da epidemiologia do SARS CoV-2 no mundo e em específico no estado do Rio de Janeiro, quais doenças acometem os infectados, a transmissão do vírus e o diagnóstico, as formas de tratamento, as variantes do coronavírus identificadas no mundo, a responsabilidade da gestão pública em suas esferas em tempos de pandemia e a exploração bibliométrica da temática para identificar o ano de publicação, periódicos, clusters de palavras-chave, autores (incluindo o fator H dos autores e a rede autoral), filiação, país/território, campos de conhecimento e língua dos documentos trazendo maior robustez à pesquisa.

### 2.1 DA ORIGEM DO CORONAVÍRUS

A China é um importante centro de biodiversidade, por várias razões e uma delas é por ter sido considerado um centro de uma antiga civilização. Isso acarretou refúgio e alimentos para aqueles que ali residiam, contribuindo para a reprodução de espécies mamíferas e na sua rápida multiplicação e sofrendo, conseqüentemente, em mutações e na origem de novas raças e variedades de espécies novas (NASSAR, 2021).

Alguns surtos de repercussão internacional como a peste bubônica, a gripe aviária e a própria Sars (síndrome respiratória aguda grave) tiveram a China como berço. Segundo o artigo *Emergence and control of infectious diseases in China*<sup>10</sup> (WANG *et al*, 2008) publicado pela revista *The Lancet*, relata que o referido país é o

---

<sup>10</sup> Tradução: Emergência e controle de doenças infecciosas na China

que mais contribuiu para que surjam e se espalhem doenças infecciosas pelo mundo por causa do tamanho de sua população, além de um histórico de fome e de consumo de qualquer tipo de animal, além da criação destes sempre muito perto ou dentro de casa, incluindo o gosto dos chineses por alimentação exótica e por venda de animais vivos, contribuindo para esses surtos

Os coronavírus podem ter sofrido mutações que lhe deram uma força para transmissão entre humanos. As mutações fazem parte de processo evolutivo e podem resultar numa forma de vírus com nova capacidade de transmissão aos humanos sob condições novas. (NASSAR, 2021).

Os coronavírus são comuns na natureza, pois hospedam-se em mamíferos como morcegos, que estão amplamente presentes em todo o planeta e são parte essencial de seu ecossistema, já que são polinizadores de flores e disseminadores de sementes (NASSAR, 2021). Ainda segundo o pesquisador, ao longo da história, alguns vírus hospedados pelos morcegos já passaram alguma vez pelo ser humano, como o vírus do ebola, da raiva, por exemplo, podendo usar ainda outros mamíferos como intermediários nessa dinâmica como os macacos, porcos, felinos dentre outros.

Conforme estudo publicado pelos integrantes da Comissão Nacional de Animais Selvagens, do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CNAS/CFMV, 2020), os estudos genéticos revelaram que os morcegos hospedam um tipo de vírus muito semelhante ao SARS CoV-2, que possivelmente infectou uma outra espécie animal, dando origem a uma recombinação genética que resultou no vírus responsável pela pandemia. No entanto, a comissão destaca que a identidade de qualquer hospedeiro intermediário que possa ter facilitado a transmissão para humanos ainda não foi comprovada, carecendo ainda, ser mais bem estudada.

Segundo artigo publicado em 2002 pela revista *Nature Medicine* (ANDERSEN *et al.*, 2020), é improvável que o SARS-CoV-2 tenha emergido através da manipulação laboratorial de um coronavírus semelhante ao SARS-CoV relacionado. Nesse mesmo artigo são abordados dois possíveis cenários que podem explicar plausivelmente a origem do SARS-CoV-2, sendo um através de seleção natural em um hospedeiro animal antes da transferência zoonótica e o outro através da seleção natural em humanos após transferência zoonótica.

Segundo pesquisa da Universidade de Sorbonne, é possível que o vírus transmitido a humanos tenha sido um produto quimérico resultante da recombinação

entre um vírus próximo ao RaTG12 de morcego e um segundo vírus próximo do vírus de pangolim (HASSANIN, 2020).

O hospedeiro intermediário ainda é a peça indeterminada no quebra-cabeça para se elucidar como todas essas pessoas se infectaram? Portanto, parece faltar um elo perdido que possa explicar a origem do SARS-CoV-2.

### 2.1.1 Histórico das doenças causadas por coronavírus

Segundo a Organização Pan-americana da Saúde e a Organização Mundial de Saúde (2020), os coronavírus são responsáveis pela maioria dos resfriados leves a moderados, ficando atrás somente do rinovírus.<sup>11</sup> Esse vírus já é conhecido por pesquisadores, fazendo parte da nossa rotina diária. Conceitualmente, podemos definir que os coronavírus são uma grande família de vírus, podendo causar doenças tanto em animais, como em humanos (BRASIL, 2021).

Em humanos, podemos mencionar características de sete coronavírus humanos (HCoV) já identificados, sendo que dois deles são bem conhecidos pela sociedade, o SARS-CoV e o Mers-CoV (PAHO, 2020).

Em 2002, um surto na China, chamada síndrome respiratória aguda grave (ou Sars) mais comumente conhecidos como o SARS-CoV ou SARS-CoV-1, causou uma taxa de letalidade de 9% (SORENSEN *et al.*, 2006). O vírus chegou a acometer mais de 8 mil pessoas em vários países e matou cerca de 800 indivíduos, quando em 5 de julho de 2003 a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a SARS como contida. No Vietnã, o surto se iniciou com um único caso que foi hospitalizado para tratamento de uma síndrome respiratória aguda e severa, de origem desconhecida. [...] em alguns casos progredindo para desconforto respiratório agudo, necessitando ventilação assistida [...]. Até então, nenhuma conexão foi estabelecida entre esses surtos de doença respiratória aguda em Hanoi e Hong Kong e o surto de 'gripe aviária', A(H5N1) [...] (WHO, 2020, não paginado).

Em 2012, foi descoberto um novo vírus dessa mesma família de coronavírus, mas agora na Arábia Saudita, provocando uma pneumonia viral, sendo ainda mais letal que a encontrada na China em 2002, sendo batizada de síndrome respiratória

---

11 O rinovírus humano (HRV) é o mais comum entre os agentes virais associados a infecções do trato respiratório superior, sendo reconhecido como o principal causador de resfriado comum.

do Oriente Médio (Mers),posteriormente, a Organização Mundial da Saúde (OMS) aceitou o nome proposto MERS-CoV, por ser um consenso entre um grande grupo de cientistas, apesar de a OMS preferir que os nomes de vírus não se refiram à região ou local onde o vírus foi detectado inicialmente (WHO, 2013). Estima-se que este só não se tornou de grande preocupação em termos de saúde pública a nível mundial, porque ficou restrito àquela região, mas que ainda assombra a população local, segundo entrevista concedida pelo médico virologista Paulo Eduardo Brandão, professor da Universidade de São Paulo<sup>12</sup> (BRANDÃO, 2020).

O último membro da família do coronavírus, até o momento, apareceu no final do ano de 2019, na cidade de Wuhan, na China. Por ser muito similar ao SARS-CoV, foi temporariamente nomeado 2019-nCoV e em 11 de fevereiro de 2020, recebeu o nome de SARS-CoV-2, causando a doença covid-19 (PAHO, 2020). O novo coronavírus dessa vez, além de provocar infecções respiratórias, como os demais da família de coronavírus, passaram a acometer outros órgãos do corpo humano trazendo consequências na função renal, cardiológicas, nervosas, gastrointestinais, dermatológicas, neurológicas, além de alterações na coagulação do sangue, de uma forma nunca visto antes (ANDRADE, 2020).

Para todos esses momentos do coronavírus, onde há risco para a vida da sociedade, a vigilância epidemiológica torna-se indispensável para o planejamento, organização e operacionalização dos serviços de saúde por meio do aprofundamento do comportamento das doenças (BRASIL, 2007).

## 2.2 EPIDEMIOLOGIA DO SARS-COV-2

A doença teve seus primeiros casos identificados na cidade de Wuhan, na China. A Organização Mundial de Saúde recebeu o primeiro alerta da doença em 31 de dezembro de 2019. Em 7 de janeiro de 2020, a China confirmou a identificação do novo coronavírus, no qual a doença se alastrou por diferentes países de forma epidêmica. Em 11 de março de 2020 a OMS declara a doença como pandemia, ou seja, uma doença com disseminação em escala mundial (PAHO, 2020)

---

12 Entrevista concedida por BRANDÃO, Paulo Eduardo. Combate ao coronavírus depende de diagnóstico rápido e tratamento amplo, diz especialista. Entrevistador: Rodrigo de Souza. Rio de Janeiro, 2020. [informação obtida em: <https://oglobo.globo.com/brasil/combate-ao-coronavirus-depende-de-diagnostico-rapido-tratamento-amplo-diz-especialista-24210274>]

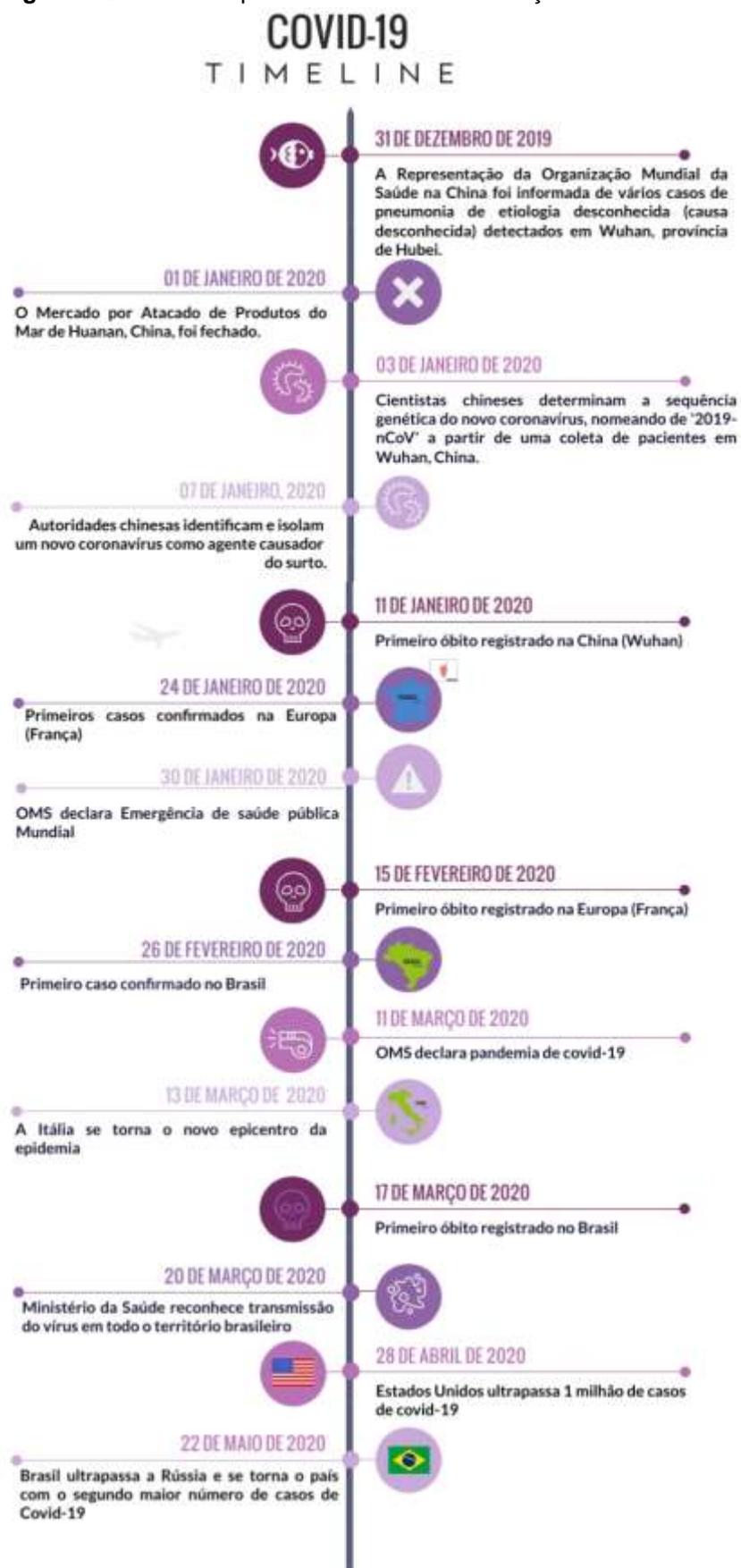
O primeiro caso fora do território Chinês foi identificado na Tailândia, em janeiro de 2020. Um total de 28.276 casos e 565 mortes já se confirmavam em fevereiro de 2020, envolvendo, aproximadamente, 25 países (WU, 2020). A expansão do vírus por países do continente Asiático, Europa, África, América e Oceania fez que a OMS declarasse pandemia global de covid-19 em 11 de março de 2020 (WHO, 2020)

Em 26 de fevereiro de 2020, foi confirmado pelo Ministério da Saúde, o 1º caso de covid-19 no Brasil.<sup>13</sup> Os principais marcos da pandemia de covid-19 estão representados como linha do tempo na Figura 1:

---

13 Primeiro caso de Covid-19 no Brasil permanece sendo o de 26 de fevereiro [informação obtida em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2020/julho/primeiro-caso-de-covid-19-no-brasil-permanece-sendo-o-de-26-de-fevereiro>].

Figura 1: Linha do tempo relacionada à disseminação da covid-19



Fonte: Autoria própria.

Até a data de 17 de junho de 2022, a situação global, segundo os dados obtidos pela OMS, totaliza 535.863.950 de casos e mais de 6.314.972 mortes no mundo todo. Os dados obtidos pela OMS ainda indicam que os países com o maior número de casos de covid-19 nesse mesmo período são Estados Unidos da América (85.007.630), Índia (43.270.577), Brasil (31.611.769), França (29.114.200) e Alemanha (27.124.689). Até o momento, os países com as maiores taxas de mortalidade são Estados Unidos da América (1.002.946), Brasil (668.693), Índia (524.817), Rússia (380.333) (WHO, 2022).

O Brasil já é o segundo país com maior número de óbitos no mundo, e segundo nas américas, com uma taxa de letalidade de 4,09% até o momento (WHO, 2022). No Brasil, para o mesmo dia, foram notificados 70.290 novos casos e 339 novos óbitos relatados (BRASIL, 2022).

Em pesquisa realizada pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ),<sup>14</sup> no Brasil, por meio de sequenciamento genético de pacientes de estados brasileiros, identificou-se pelo menos seis linhagens do SARS-CoV-2 circulantes nos primeiros meses da pandemia, destacando-se ainda a possibilidade da entrada do vírus no Brasil a partir da Europa ou Estados Unidos durante o final de fevereiro (época do carnaval brasileiro) no ano de 2020.

### **2.2.1 Epidemiologia do sars-cov-2 no Rio de Janeiro**

Em 5 de março de 2020 foi confirmado pela Secretaria de Estado de Saúde (SES, 2020), o primeiro caso do Novo Coronavírus (covid-19) no Estado do Rio de Janeiro, a partir de uma paciente viajante de 27 anos que esteve na Europa (Itália e Alemanha). No mesmo mês a primeira morte foi confirmada no estado do Rio de Janeiro, uma mulher de 63 anos, com histórico de diabetes e hipertensão.<sup>15</sup>

Em aproximadamente dois meses desde a detecção do primeiro caso, o estado ultrapassava a marca de 1.000 mortes causadas por covid-19, registrada pela Secretaria de Estado de Saúde (RIO DE JANEIRO, 2020). Os Municípios mais

---

14 Estudo identifica linhagens do SARS-CoV-2. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/estudo-identifica-linhagens-do-sars-cov-2>. Acesso em: 19 jun. 2022.

15 Governo do RJ confirma a primeira morte por coronavírus [informação obtida em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/03/19/rj-confirma-a-primeira-morte-por-coronavirus.ghml>]

acometido pela pandemia foi o do Rio de Janeiro, seguido por Niterói, Nova Iguaçu, Duque de Caxias e São Gonçalo (RIO DE JANEIRO, 2022).

Segundo o Painel covid-19 do Governo do Estado do Rio de Janeiro, as pessoas mais infectadas no estado possuem dentre 30 a 39 anos, porém, as pessoas idosas com faixa etária superior a 70 anos concentram o maior percentual de letalidade. Destaca-se ainda, que no referido Estado, a adesão às medidas de isolamento esteve em baixa em todo o período (RIO DE JANEIRO, 2022).

Segundo pesquisa publicada pelo Centro de Pesquisas do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro (CENPE/MPRJ) em maio de 2020, dados<sup>16</sup> sobre denúncias e mobilidade urbana indicam que as orientações e decretos para isolamento social foram adotadas de maneira parcial pela população, cujo índice de isolamento social revela que apenas 47,7% da população do Estado do Rio de Janeiro estava respeitando a recomendação.

Nessa dinâmica, ressalta-se a importância da compreensão da sociedade acerca dos critérios de diagnósticos clínico-epidemiológicos implantados pelo MS para combate à covid-19. Um grande desafio para as ações de vigilância epidemiológica foi a dificuldade na importação de insumos necessários à realização do diagnóstico, cuja demanda crescente ensejou acirrada disputa entre grandes países (SILVA *et al.*, 2020)

Pôde ser visto certa desigualdade de acesso a insumos, causando diferenças nos laboratórios de ciência e da saúde global, além do desafio da capacidade do Estado na testagem dos casos suspeitos, devido as possibilidades existentes entre um resultado laboratorial inconclusivos, positivos em ensaio de coronavírus, casos descartados e casos excluídos. A notificação compulsória da patologia deve ser imediata, ou seja, até no máximo 24 horas (BRASIL, 2020b).

## **2.2.2 Transmissão e diagnóstico do SARS-Cov-2**

Este capítulo apresenta uma visão geral das formas de transmissão do SARS-CoV-2, o que se sabe quando as pessoas infectadas transmitem o vírus, como controlar a covid-19 minimizando a transmissão do vírus e prevenindo a doença, assim como a mortalidade associada. Além disso, compreender como,

---

16 Dados de geolocalização de celulares para medir a fração da população que se desloca durante o dia.

quando e em quais tipos de ambientes o SARS-CoV-2 se dissemina, colaborando para a elaboração de medidas efetivas de saúde pública, além do controle da doença.

Atualmente, há evidências de que o vírus que causa a covid-19, é disseminado predominantemente de pessoa a pessoa (PAHO, 2020). A infecção com SARS-CoV-2 causa principalmente doença respiratória, podendo variar de um quadro da doença de leve, com sintomas mais brandos, a grave, acarretando conseqüentemente em óbito, além de algumas pessoas infectadas pelo vírus podem até não desenvolver sintomas (WHO, 2020).

A transmissão do SARS-CoV-2 pode ocorrer através do contato direto, indireto ou próximo com pessoas infectadas através de secreções infectadas como as da saliva, excreção ou de gotículas respiratórias, que são expelidas quando uma pessoa infectada tosse, espirra ou fala (LIU *et al.*, 2020). Em contato com pessoas contaminadas com o vírus pode atingir a boca, nariz ou olhos de uma pessoa suscetível, podendo resultar em uma infecção.

A transmissão também pode ser dada por aerossóis, sendo definida como a disseminação de um agente infeccioso causada pela dispersão de núcleos de gotículas (aerossóis) que continuam infecciosos quando suspensos no ar por longas distâncias e tempo (WHO, 2020).

Conforme periódico publicado pela revista *The Lancet* (GREENHALGH *et al.*, 2021) reúne dez evidências científicas que apoiam a hipótese de transmissão aérea do novo coronavírus. Segundo o artigo, os eventos de propagação contribuem de forma exponencial para a transmissão, podendo ser os principais propulsores da pandemia.

As secreções respiratórias ou gotículas expelidas por indivíduos infectados podem contaminar superfícies e objetos, criando fômites (superfícies contaminadas), no qual podem ser encontrados por períodos que variam de horas a dias, dependendo do ambiente, incluindo temperatura e umidade e do tipo de superfície (VAN DOREMALEN *et al.*, 2020). Diante do exposto, podemos concluir que a transmissão também pode ocorrer indiretamente quando uma pessoa toca superfícies no ambiente imediato ou em objetos contaminados com o vírus de uma pessoa infectada (GUO *et al.*, 2020).

Uma outra forma de transmissão em estudo e já detectado foi o RNA do SARS-CoV-2 em amostras biológicas, incluindo urina e fezes de alguns pacientes infectados (GUAN *et al.*, 2020).

A Organização Mundial de Saúde publicou recentemente um resumo científico sobre aleitamento materno e covid-19. O resumo relata que fragmentos de RNA viral foram encontrados em testes por RT-PCR<sup>17</sup> em algumas amostras de leite materno de mães infectadas pelo SARS-CoV-2, mas estudos que investigaram se o vírus poderia ser isolado não foi encontrado (WHO, 2020). Atualmente, não há evidências de transmissão intrauterina de SARS-CoV-2 de gestantes infectadas para seus fetos, embora os trabalhos atuais sejam limitados (PAHO, 2020).

Até o momento, estudos ainda não comprovaram o papel de um hospedeiro intermediário como facilitador da transmissão em relação aos primeiros casos conhecidos em humanos (ZHOU *et al.*, 2020), mas há uma série de estudos em andamento com o intuito de entender melhor a vulnerabilidade do SARS-CoV-2 em diferentes espécies de animais. As evidências atuais sugerem que os humanos infectados pelo SARS-CoV-2 podem infectar outros mamíferos, inclusive os domésticos (NEWMAN, 2020).

Evidências científicas já sugerem que o RNA do SARS-CoV-2 pode ser detectado em pessoas de um a três dias antes do início dos sintomas. De modo geral, consegue-se identificar se um indivíduo se mantém positivo do teste de uma a duas semanas para os indivíduos assintomáticos, chegando até a três semanas ou mais para pacientes com a doença em estágio leve a moderado (HE *et al.*, 2020).

Estudos mostraram que as pessoas transmitem o vírus antes mesmo de ficarem doentes (LUO *et al.*, 2020), o que é sustentado pelos dados sobre excreção viral mencionados neste capítulo.

A partir dos estudos disponíveis e da experiência tida nesse período pandêmico, limitar o contato próximo entre pessoas infectadas e as suscetíveis é fundamental para interromper a transmissão do vírus que causa a covid-19. A melhor forma de prevenir a transmissão é através da identificação de casos suspeitos, da testagem e do isolamento dos casos com infecção o mais rápido possível (WHO, 2020).

---

17 Teste laboratorial sensível que é feito para identificar a presença de um tipo específico de material genético na amostra coletada.

A síndrome gripal é caracterizada como o estágio inicial da doença, cujo diagnóstico pode ser feito por investigação clínica, anamnese e exame físico do paciente, devendo considerar o histórico de contato próximo quando do aparecimento dos sinais e sintomas com pessoas já confirmadas para covid-19 (BRASIL, 2021).

Além disso, hoje, após a corrida para desenvolver um kit que constataste a infecção por SARS-CoV-2 mais rapidamente, é possível realizar testes em farmácias, laboratórios e hospitais por meio de testes de biologia molecular, sorologia ou testes rápidos para a detecção de anticorpos específicos (BRASIL, 2021). O teste pode ser feito com base em amostras respiratórias obtidas por vários métodos, incluindo o “esfregaço” da nasofaringe ou da saliva, onde geralmente, os resultados podem estar disponíveis em algumas horas ou até mesmo 2 dias (BERVEGIN *et al.*, 2021). Para o diagnóstico através de imagem, algumas alterações tomográficas podem ser compatíveis com casos da covid-19, sendo necessária uma tomografia computadorizada de alta resolução (BRASIL, 2021).

A partir da detecção e identificação da infecção por covid-19 é fundamental para que não haja quantidades maiores de infectados, o que foi denominado quarentena,<sup>18</sup> limitando assim, a disseminação e interrompendo as cadeias de transmissão (LAUER *et al.*, 2020). O período de incubação do vírus que causa a covid-19, o qual refere-se ao tempo entre a exposição e o início dos sintomas, demora em média de cinco a seis dias, podendo chegar a quatorze dias (YU, 2020). A quarentena que normalmente perdurou por quatorze dias a contar da exposição ao vírus no período pandêmico, viu-se ser modificado após recomendação em 2021 pelo Centro de Controle de Doenças dos Estados Unidos para dez dias para pacientes diagnosticados com sintomas leves ou moderados, no entanto, pesquisadores encontraram partículas virais em 25% das amostras de pacientes coletados no décimo dia de sintomas (FELIX *et al.*, 2021). Outra forma de controle quanto à transmissibilidade é a conscientização e encorajamento do uso de máscaras de tecido em locais públicos e onde outras medidas de prevenção, como o distanciamento físico e aglomerações em ambientes fechados, podem servir de barreira às gotículas expelidas pelo usuário no ar e no ambiente (WHO, 2020).

---

<sup>18</sup>Quarentena pode ser definida como a reclusão de indivíduos ou animais devido ao período de incubação de uma doença, contado a partir da data do último contato com um portador ou local em que se encontrava a fonte de infecção (SCHMID, 1998).

A OMS mantém a orientação de que os profissionais da saúde e os cuidadores que trabalham em áreas clínicas devem manter continuamente o uso de máscaras cirúrgicas em todas as atividades rotineiras, além da importância de controles administrativos e de engenharia em contextos de assistência à saúde no uso de equipamentos de proteção individual (WHO, 2020).

Como prevenção, a Organização Mundial de Saúde recomenda um conjunto de medida como a testagem de casos suspeitos o mais breve possível, colocar em quarentena os casos confirmados e os que estiveram em contato com pessoas infectadas, usar máscaras de proteção, uso contínuo de máscara cirúrgica pelos profissionais de saúde, manter a higienização das mãos, estabelecer o distanciamento físico, quando possível, evitar locais com aglomeração de pessoas e espaços confinados e desinfecção adequada do ambiente (WHO, 2020).

### **2.2.3 Tratamento**

Desde o início da pandemia, médicos e cientistas do mundo têm trabalhado para identificar e desenvolver tratamentos para a covid-19. Até o momento não há medicações ou tratamentos específicos para as infecções causadas pelo coronavírus (DOWDEN *et al.*, 2019), apesar do grande esforço da comunidade científica em desenvolver novos medicamento num processo complexo e ao tempo que se leva para obter os resultados esperados (FERREIRA *et al.*, 2020).

Pôde ser considerado que durante o início da epidemia de COVID-19, no qual a ausência de um tratamento específico e em meio aos múltiplos efeitos colaterais gerados, como o uso de corticosteroides (LEE *et al.*, 2004), a melhor forma de prevenção foi não ficando exposto ao vírus, seguindo assim, as orientações emanadas pelos principais órgãos internacionais de saúde, como a OMS e a OPAS, onde a população teve que fazer uso do isolamento social, de medidas protetivas e de higiene recomendadas (MAUNDER, 2004).

O que tem sido observado é que o tratamento do paciente com COVID-19 depende do nível de gravidade da infecção (BRASIL, 2021). O tratamento para casos leves tem-se utilizado intervenção terapêutica para aliviar os sintomas e garantir o bem-estar do paciente, como o repouso, ingestão de água, antitérmicos e analgésicos conforme orientação médica, além do uso de uso de xaropes para tosse e medicamentos para desobstrução das vias nasais (AMB, 2021).

Já o tratamento para casos graves derivados de insuficiências respiratórias, pneumonias, febres altas e debilitação dos órgãos essenciais, segundo as diretrizes do Ministério da Saúde, torna necessária a internação do paciente para tratamento imediato, devido ao comprometimento dos pulmões e o monitoramento dos sinais vitais do paciente doente (BRASIL, 2020), além do uso de antibioticoterapia com o intuito de combater os agentes causadores da pneumonia (AVENDANO; DERKACH; SWAN, 2003). Pesquisas sugerem que a gravidade do vírus possa estar associada a fatores de risco como a idade avançada e presença de comorbidades (CHEN *et al.*, 2020; GUAN *et al.*, 2020; HUANG *et al.*, 2020).

Com o rápido diagnóstico de pacientes suspeitos, da gestão dos casos confirmados e do rastreamento dos contatos ocorridos, pode possibilitar no início oportuno de medidas adequadas, tratamentos de suporte hospitalar ou unidade de terapia intensiva, de acordo com os protocolos das instituições normativas.

#### **2.2.4 Variantes do coronavírus**

Pôde ser visto nos capítulos anteriores que o vírus do coronavírus pode causar inúmeros tipos de infecções, principalmente as respiratórias e intestinais, tanto em animais como em humanos (CSISZAR *et al.*, 2020). Até as últimas duas décadas atrás, o vírus não era considerado altamente patogênico para os seres humanos, no qual presenciamos na ocorrência de três surtos que incluíram o SARS-CoV, MERS-CoV e SARS-CoV-2, este que causa a doença covid-19 (PAHO, 2020). Neste capítulo da dissertação será discutida a situação epidêmica da covid-19 perante o que tem sido estudado acerca das novas variantes do vírus.

Desde o início da disseminação do novo coronavírus no Brasil, poucos estudos foram publicados analisando a variabilidade do genoma viral (GROSCHE *et al.*, 2021). Diante da maior crise mundial de saúde pública (WHO, 2020), as variantes da covid-19 acenderam um sinal de alerta na Organização Mundial da Saúde (OMS) quanto aos possíveis impactos das mudanças do vírus na eficácia das vacinas que estão circulando na sociedade, na capacidade da transmissibilidade e quanto ao agravamento dos quadros clínicos em pacientes infectados.

A tendência de qualquer vírus é sofrer transformações em seu gene, essas transformações podem ser denominadas de mutações.<sup>19</sup> O SARS-CoV-2 vem sofrendo mutações em pouco tempo, como pôde ser visto em algumas regiões da Europa e África, ocasionando conseqüentemente em um crescimento anormal de casos novos (OPAS, 2021).

Desde a identificação do novo coronavírus, mais de 414.575 sequências genômicas completas no mundo todo já foram identificadas, por meio de bancos de dados de acesso público, segundo o boletim epidemiológico publicado pela Organização Pan-Americana da Saúde em 2021 (OPAS, 2021).

O descontrole da doença, da baixa adesão da população às vacinas e a falta de manutenção dos protocolos recomendados pelo governo faz com que haja uma maior circulação do vírus e conseqüentemente, com o aumento da circulação de pessoas nas ruas poderá ocasionar no surgimento de novas variantes (WHO, 2021).

De forma a catalogar e identificá-las, a Organização Mundial de Saúde (OMS), passou a nomeá-las com letras do alfabeto grego, em ordem cronológica, com o intuito de minimizar qualquer discriminação e preconceitos aos países onde essas variantes foram detectadas (WHO, 2021). Desde o início da pandemia, algumas variantes de preocupação identificadas no mundo se perpetuam no processo evolutivo preocupando instituições de saúde pública e governamentais, a saber:

- Variante *Alpha*: também conhecida como B.1.1.7, de origem do Reino Unido, foi descoberta em setembro de 2020, sendo a principal variante que ocasionou a segunda onda de doença na Europa, conferindo alta transmissibilidade da doença (LEUNG *et al.*, 2020);
- Variante *Beta*: também conhecida como B.1.351, surgida na África do Sul, foi descoberta em outubro de 2020 e, segundo pesquisas, permite escape da neutralização por anticorpos anti-SARS-CoV-2 (NELSON *et al.*, 2021);
- Variante *Gamma*: conhecida como variante B.1.1.28.1 ou P.1, surgiu em Manaus, no Brasil, foi descoberta em novembro de 2020, sendo a variante que ocasionou a segunda onda de doença no país, essa nova linhagem está relacionada a maior transmissibilidade, maior risco de reinfecção por

---

<sup>19</sup> Mutação é um dos fatores evolutivos que geram variabilidade genética, sendo definida como qualquer alteração na estrutura e número de cromossomos, podendo fornecer novas informações (FUTUYMA, 2006).

coronavírus e maior resistência à neutralização por plasma convalescente e soros obtidos de indivíduos vacinados (WANG *et al.*, 2021). Um estudo aplicado ao surgimento da linhagem P.1 no estado do Amazonas acarretou o aumento na mortalidade de indivíduos com covid-19 na faixa etária dos 20 aos 50 anos, em ambos os sexos. Essas informações sugerem que as mutações presentes na referida variante pode estar associada quanto as alterações na transmissibilidade e na patogenicidade do vírus (FREITAS *et al.*, 2021); e

- Variante *Delta*: é a variante dominante mundialmente, também conhecida como B.1.617, surgiu na Índia, foi detectada em outubro de 2020. Estima-se que a variante responda por mais de 95% dos casos de covid-19 no Brasil (MICHELON, 2021).

A Figura 2 ilustra o mapa da detecção do surgimento das variantes de preocupação no mundo.

**Figura 2:**Mapa de Distribuição das Variantes de Preocupação



Fonte: Autoria própria.

Diante de uma pandemia no qual milhões de pessoas foram infectadas em diferentes locais do mundo, podemos concluir que o processo evolutivo do vírus acarretará o surgimento de diversas variantes e linhagens (BRASIL, 2021). As medidas de precaução permanecem as mesmas, utilizando máscaras de proteção,

distanciamento social e álcool em gel para higienizar as mãos e ambientes. É imperativo que as vacinas continuem sendo a principal medida de precaução contra a covid-19, independente da variante a fim de prevenir infecções e consequentemente a evolução do vírus (MICHELON, 2021).

### 2.3 O ESCOPO DA RESPONSABILIDADE DA GESTÃO PÚBLICA EM SUAS ESFERAS EM TEMPOS DE PANDEMIA

Segundo a constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO, 1946), em seu preâmbulo, conceitua a palavra saúde como “o estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não consiste apenas na ausência de doença ou de enfermidade”. Diante dessa perspectiva, vale entender que a saúde contempla o equilíbrio interior e exterior do ambiente que o ser humano está inserido, não somente a fatores biológicos, mas a determinantes de cunho social que faz com que se busque e alcance o completo bem-estar do homem. A saúde deve ser entendida como a perseguição desse estado (DALLARI, 1988).

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 6º, consagrou o direito à saúde como direito fundamental social, firmando a competência comum dos entes federativos para sua concretização, ao lado do direito à educação, alimentação, trabalho, moradia, lazer, segurança, previdência social, proteção à maternidade e à infância, e assistência aos desamparados (BRASIL, 1988).

O texto constitucional posicionou os direitos sociais, no capítulo II, no título dos direitos e garantias fundamentais, alcançando-os à categoria de “autênticos direitos fundamentais” (SARLET, 2015). Tais direitos estão atrelados ao princípio da dignidade da pessoa humana, em seu art. 1º, III, da Constituição Federal, visando dar eficácia a esse preceito (SARLET, 2015). Por força do art. 5º, parágrafo 1º, da Constituição Federal, os direitos e garantias fundamentais têm aplicação imediata, devendo ser observado pelo Estado e aos particulares (SARLET, 2015).

No que tange à saúde, o artigo 196, da Constituição Federal, menciona que, além de “direito de todos”, é “dever do Estado” promovê-la mediante políticas sociais e econômicas, conforme citação abaixo:

Art. 196. A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de

outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.

A Constituição impôs um objetivo ao Estado, no qual a saúde deve ser efetivada por meio de políticas públicas. No referido art. 196, a saúde é garantida através de políticas públicas tendo como finalidade a redução de riscos de doença ou de agravos, envolvendo fatores que proporcionam qualidade de vida à população. Os efeitos da pandemia não se limitaram apenas à área de saúde pública, mas também na política, no mercado de trabalho, na educação básica, em setores de prestação de serviços públicos e nas micro e pequenas empresas (PECI, 2020).

A Constituição Federal de 1988 adotou o modelo de federalismo cooperativo<sup>20</sup>, ao declarar a divisão concorrente de competências legislativas e a atribuição comum de competências materiais aos entes federativos (WEICHERT, 2004). Isso implica na atuação conjunta e articulada dos entes para alcançar melhores resultados e evitar dispersão de recursos e esforços (MENDES *et al.*, 2013)

Conforme disposto na Constituição Federal, art.23, parágrafo único, a definição da política pública com a delimitação dos campos de atuação é de competência do legislador infraconstitucional.<sup>21</sup> Em linhas defendidas pelo Ministro Luis Roberto Barroso:

Como todas as esferas de governo são competentes, impõe-se que haja cooperação entre elas, tendo em vista o 'equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional' (CF/88, art. 23, parágrafo único). A atribuição de competência comum não significa, porém, que o propósito da Constituição seja a superposição entre a atuação dos entes federados, como se todos detivessem competência irrestrita em relação a todas as questões. Isso, inevitavelmente, acarretaria a ineficiência na prestação dos serviços de saúde, com a mobilização de recursos federais, estaduais e municipais para realizar as mesmas tarefas.

---

20A Federação é um grande sistema de repartição de competências entre as unidades autônomas. No federalismo cooperativo, incluem-se as competências concorrentes ou comuns para uma atuação coordenada dos entes federativos. ALMEIDA, Fernanda Dias Menezes de. **Competências na Constituição de 1988**. São Paulo: Atlas, 1991. p. 32, 37, 51, 53.

21 Infraconstitucional pode ser definida como a norma, preceito, regramento, regulamento e lei que estão hierarquicamente abaixo da Constituição Federal. A Constituição Federal é considerada a Lei Maior do Estado, e as demais normas jurídicas são consideradas infraconstitucionais, pois são inferiores às regras previstas na Constituição. LENZA, Pedro. **Direito Constitucional Esquematizado**. 10. ed. São Paulo: Método, 2006.

Criado pela Constituição de 1988, o Sistema Único de Saúde (SUS) segue a mesma doutrina e os mesmos princípios organizativos em todo o território nacional, sob a responsabilidade das três esferas de governo: federal, estadual e municipal. Isso implica em que as partes integrantes do todo realizem ações independentes, de forma que cada parte não fique unicamente responsável por desempenhar todas as atividades, havendo uma divisão de tarefas dentro do sistema, visando assim, ao desenvolvimento de atividades de promoção, proteção e recuperação da saúde (BRASIL, 2014).

A descentralização da gestão também está prevista no texto constitucional como uma diretriz organizativa do SUS, conforme artigo 198, inciso I, da Constituição Federal. O objetivo é que as ações e serviços públicos de saúde sejam executados preferencialmente pelos entes locais, haja vista que, mais próximos dos cidadãos, conseguem diagnosticar as necessidades mais urgentes e podem desenvolver soluções mais adequadas aos problemas da população (WEICHERT, 2004).

No art. 200, da Constituição Federal, são enumeradas as atribuições dos entes políticos na prestação de ações e serviços públicos de saúde pelo sistema único, incluindo a de “executar as ações de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como as da saúde do trabalhador”, conforme inciso II (BRASIL, 1988). Nessa linha, ao tratar do Sistema Único de Saúde (SUS), do referido artigo e seus oito incisos, apresenta as seguintes competências:

- I - controlar e fiscalizar procedimentos, produtos e substâncias de interesse para a saúde e participar da produção de medicamentos, equipamentos, imunobiológicos, hemoderivados e outros insumos;
- II - executar as ações de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como as de saúde do trabalhador;
- III - ordenar a formação de recursos humanos na área de saúde;
- IV - participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico;
- V - incrementar em sua área de atuação o desenvolvimento científico e tecnológico;
- VI - fiscalizar e inspecionar alimentos, compreendido o controle de seu teor nutricional, bem como bebidas e águas para consumo humano;
- VII - participar do controle e fiscalização da produção, transporte, guarda e utilização de substâncias e produtos psicoativos, tóxicos e radioativos;
- VIII - colaborar na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho.

É, portanto, competência, para a gestão da saúde pública, de todos os entes federativos, incluída a de vigilância epidemiológica. O SUS, sendo uma estrutura

federativa e organizacionalmente complexa, conseguiu construir uma grande capacidade de coordenação e aprendizagem no combate de epidemias como o H1N1 ou Zica (CRODA *et al.*, 2020).

No campo dos imunizantes, o Programa Nacional de Imunizações, também conhecido como PNI, regulamentado pela Lei Federal nº 6.259, de 30 de outubro de 1975, e pelo Decreto nº 78.321, de 12 de agosto de 1976, organiza toda a política nacional de vacinação da população brasileira e tem como missão o controle, a erradicação e a eliminação de doenças imunopreveníveis,<sup>22</sup> sendo considerada uma das mais relevantes intervenções em saúde pública no Brasil, em especial pelo importante impacto obtido na redução de doenças nos últimos anos. Possui como missão para a execução das ações de vigilância em saúde, ações de vacinação, estando definidas em legislação nacional e compartilhadas pela União, pelos estados, pelo Distrito Federal e pelos municípios (BRASIL, 2014). Outrossim, cabe aos Estados uma atuação complementar em relação aos Municípios, ao passo que à União, complementa os Estados (SARMENTO *et al.*, 2012).

Nesse sentido, o PNI atribui aos Municípios, dentre outras competências, a coordenação e a execução das ações de vacinação integrantes do PNI, incluindo a vacinação de rotina, as estratégias especiais (como campanhas e vacinações de bloqueio) e a notificação e investigação de eventos adversos e óbitos temporalmente associados à vacinação; a gerência do estoque municipal de vacinas e outros insumos, incluindo o armazenamento e o transporte para seus locais de uso, de acordo com as normas vigentes; o descarte e a destinação final de frascos, seringas e agulhas utilizados, conforme as normas técnicas vigentes; e a gestão do sistema de informação do PNI, incluindo a coleta, o processamento, a consolidação e a avaliação da qualidade dos dados provenientes das unidades notificantes, bem como a transferência dos dados em conformidade com os prazos e fluxos estabelecidos nos âmbitos nacional e estadual e a retroalimentação das informações às unidades notificadoras (BRASIL, 2014).

Ademais, segundo o Manual de Normas e Procedimentos para vacinação do Ministério da Saúde (BRASIL, 2014), compete à União a coordenação do PNI (incluindo a definição das vacinas nos calendários e das campanhas nacionais de

---

22 Doenças Imunopreveníveis são aquelas que podem ser evitadas ao aplicar a vacina. SÁ, G. R. S.; FLAUZINO, R. F. Vigilância das doenças imunopreveníveis. *In*: SILVA, M. N.; FLAUZINO, R. F.; GONDIM, G. M. M. (Eds.). **Rede de frio**: fundamentos para a compreensão do trabalho [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2017, p. 179-214.

vacinação), as estratégias e as normatizações técnicas sobre sua utilização; o provimento dos imunobiológicos definidos pelo PNI, considerados insumos estratégicos; e a gestão do sistema de informação do PNI, incluindo a consolidação e a análise dos dados nacionais e a retroalimentação das informações à esfera estadual.

Quanto da responsabilidade da esfera estadual no mesmo manual (BRASIL, 2014), cita-se: a coordenação do componente estadual do PNI; o provimento de seringas e agulhas, itens que também são considerados insumos estratégicos; a gestão do sistema de informação do PNI, incluindo a consolidação e a análise dos dados municipais, o envio dos dados ao nível federal dentro dos prazos estabelecidos e a retroalimentação das informações à esfera municipal.

Muitos desafios complexos puderam ser vistos na administração pública, principalmente no que tange quanto a sua governança e capacidade estatal, no seu poder da gestão de crise e nos conflitos de interesse entre os entes federativos antes nunca vistos. O comunicado de “Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional” – ESPII, emitido pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2020) fez que com fossem revisitadas questões multidisciplinares, sendo necessária uma vasta reflexão sobre estratégias de curto, médio e longo prazo num mesmo período, que demandarão uma revisão dos atuais paradigmas de gestão desta década (PEREIRA *et al.*, 2021).

A pandemia de covid-19 constitui uma crise multidimensional, mas quando reconhecemos sua gravidade e a capacidade de negociação frente a uma governança de crise e com o direcionamento de recursos financeiros do Governo Federal para as áreas médicas, sociais, sanitárias e econômicas, podendo favorecero desenvolvimento de estratégias conjuntas de enfrentamento, terapias e tecnologias a serem disponibilizadas de forma universal, bem como contribuir para compensar as desigualdades no enfrentamento dessa crise humanitária (PEREIRA *et al.*, 2021).

Uma falha na gestão de crise entre o governo e a sociedade, principalmente quanto as obrigações legais estabelecidas em lei, podem interferir diretamente aos preceitos sociais e morais dos cidadãos (CHRISTENSEN, 2016).

Alguns casos julgados pelo Supremo Tribunal Federal (STF) tiveram amplo impacto sobre o poder decisório para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus (BRASIL, 2020). Um

referendo na medida cautelar na Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 6.341 julgado pelo STF tratou da atribuição dos entes federados para legislar e adotar medidas sanitárias de combate à epidemia internacional, a fim de solucionar os conflitos sobre o exercício da competência para melhor realização do direito à saúde, amparada em evidências científicas e nas recomendações da Organização Mundial da Saúde, com o intuito de explicitar que, preservada a atribuição de cada esfera de governo, de acordo com a decisão, nos termos do inciso I do art. 198 da Constituição Federativa do Brasil (BRASIL, 1988). Para tanto, o Presidente da República poderá dispor, mediante decreto, sobre os serviços públicos e atividades essenciais da respectiva autoridade federativa.

Outros julgados trataram quanto a constitucionalidade da vacinação compulsória contra covid-19. O Plenário do STF decidiu<sup>23</sup> através do julgamento conjunto das Ações Diretas de Inconstitucionalidade (ADI) 6.586 e 6.587 que tratam da vacinação contra a covid-19, e do Recurso Extraordinário com Agravo (ARE) 1.267.879 decidiu, em dezembro de 2020, que o Estado pode determinar aos cidadãos que se submetam, compulsoriamente, à vacinação contra a covid-19, previsto no artigo 3º da Lei nº 13.979/2020. De acordo com a decisão, o Estado pode impor aos cidadãos que se recusam a tomar as vacinas disponibilizadas às medidas locais restritivas previstas em lei (multa, impedimento de frequentar determinados lugares, fazer matrícula em escola), mas não pode fazer a imunização à força. Também ficou definido que os estados, o Distrito Federal e os municípios têm autonomia para realizar campanhas locais de vacinação.

Quanto ao direito coletivo, o ministro Luís Roberto Barroso, relator do ARE 1.267.879 (BRASIL, 2020), destacou que, apesar da Constituição Federal proteja o direito de cada cidadão quanto as suas convicções filosóficas, políticas ou religiosas, os direitos da sociedade devem prevalecer sobre os direitos individuais de cada cidadão, ou seja, prevalência do princípio constitucional da solidariedade.<sup>24</sup> Com isso, o Estado pode, ocasionalmente, proteger as pessoas, mesmo contra sua

---

23 Supremo Tribunal Federal. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=457462&ori=1>. Acesso em: 15 set.2022.

24 Dever de cooperação, decorrente da própria coexistência, que implicava em uma obrigação moral, visando atender aos interesses comuns, baseado na ideia de reciprocidade. CARDOSO, Alenilton da Silva. **Princípio da solidariedade**: o paradigma ético do direito contemporâneo. São Paulo: Editora Nova, 2013, p. 131-133.

vontade, não sendo legítimas as escolhas individuais que atentem contra os direitos de outrem.

Para o ministro Alexandre de Moraes, a imunidade coletiva é um bem público coletivo (BRASIL, 2020). Esse poder discricionário que deve ser exercido nos limites da lei e em defesa da ordem pública, busca atingir, nos casos concretos, a eficiência, a eficácia e a efetividade dos atos administrativos (MALIKI, 2021).

## 2.4 CRITÉRIOS USADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE VACINAS CONTRA A COVID-19 NO PAÍS

Da descoberta até a chegada da vacina contra o vírus do covid-19, um passo histórico foi marcado em direção ao objetivo de garantir a distribuição equitativa das vacinas em todo o mundo, salvar vidas e deter a propagação viral, sendo considerada a maior operação de aquisição e fornecimento de vacinas da história global (PAHO, 2021).

Com a chegada do primeiro lote de vacinas, em janeiro de 2021, no Brasil, uma esperança é ressuscitada para todos aqueles que aguardavam ansiosamente por uma cura, já que toda a população, sem distinção, sofreu fortemente com inúmeras consequências da crise provocada pela pandemia, com impactos profundos na educação, na saúde mental, na violência doméstica e na segurança alimentar (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A estratégia de vacinação é realizada de forma tripartite, com a pactuação da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios. Contudo, sem a perspectiva de imunizar toda a população de uma única vez, o Governo brasileiro discutiu os critérios para priorizar determinados grupos com a chegada da vacina contra a covid-19, cujo objetivo principal da vacinação passa a ser focado na redução da mortalidade, bem como a proteção da força de trabalho para manutenção do funcionamento dos serviços de saúde e dos serviços essenciais (BRASIL, 2021).

Com o propósito de coordenar as ações governamentais relativas às vacinas contra covid-19 e colaborar no planejamento da estratégia nacional de imunização voluntária, em 09 de setembro de 2020, através da Resolução nº 8, foi instituído um Grupo de Trabalho para a coordenação de esforços da União na aquisição e na distribuição de vacinas covid-19, coordenado pelo representante do Ministério da

Saúde, e formado por representantes de vários ministérios e secretarias do governo federal, bem como por representantes do Conass e Conasems (DOU, 10 set. 2020, p. 3). Nesse âmbito, a Campanha Nacional de Vacinação contra a covid-19 teve início no Brasil no dia 18 de janeiro de 2021 (BRASIL, 2021).

É sabido que não há uma uniformidade na ocorrência de covid-19 na população, mas segundo pesquisas, o agravamento e o óbito estão relacionados especialmente à características sociodemográficas, idade superior a 60 anos e comorbidades, como: doença renal crônica, doenças cardiovasculares e cerebrovasculares, diabetes mellitus, hipertensão arterial grave, pneumopatias crônicas graves, anemia falciforme, câncer, obesidade mórbida, síndrome de down e indivíduos imunossuprimidos (MERCÊS *et al.*, 2020)

Segundo informações extraídas do Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a covid-19, da Secretaria de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2021), esclarece que:

Em relatório produzido pelos pesquisadores do PROCC/Fiocruz, com análise do perfil dos casos hospitalizados ou óbitos por Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) por covid-19 no Brasil, notificados até agosto de 2020 no Sistema de Vigilância Epidemiológica da Gripe (SIVEP-Gripe), quando comparados com todas as hospitalizações e óbitos por covid-19 notificados, identificou maior risco (sobrerrisco – SR) para hospitalização por SRAG por covid-19 em indivíduos a partir da faixa etária de 45 a 49 anos de idade (SR=1,1), e para óbito, o risco aumentado apresenta-se a partir da faixa etária de 55 a 59 anos (SR =1,5). Entretanto, destaca-se que a partir de 60 anos de idade o SR tanto para hospitalização quanto para óbito por covid-19 apresentou-se maior que 2 vezes comparado à totalidade dos casos, com aumento progressivo nas faixas etárias de maior idade, chegando a um SR de 8,5 para hospitalização e 18,3 para óbito entre idosos com 90 anos e mais. Ainda, nos dados analisados, dentre as comorbidades com SR de hospitalizações, identificou-se diabetes mellitus (SR = 4,2), doença renal crônica (SR = 3,2) e outras pneumopatias crônicas (SR= 2,2). Os mesmos fatores de risco foram observados para os óbitos, com SR geral de 5,2; 5,1 e 3,3 para diabetes mellitus, doença renal crônica, e outras pneumopatias crônicas, respectivamente.

Apesar desta pesquisa de dissertação não abranger a distribuição de vacinas por grupos com elevado grau de vulnerabilidade social, há um maior risco para agravamento e óbito devido às condições clínicas e demográficas no Brasil, como os povos indígenas, as populações ribeirinhas e quilombolas, de um intenso grau de convivência, onde as doenças infecciosas nesses grupos tendem a se espalhar muito rapidamente (PIRES *et al.*, 2020). O controle de casos e vigilância nestas comunidades impõe grandes desafios logísticos e econômicos (BRASIL, 2021).

A estratégia de distribuição de vacinal, além de considerar o tamanho das populações, também levou em conta cada grupo prioritário, a média móvel de mortalidade em cada localidade, da preservação da força de trabalho para manutenção dos serviços de saúde e serviços essenciais, disponibilizada pelo Programa Nacional de Imunização (PNI), o qual reforçou que todos os grupos seriam contemplados com a vacinação. Entretanto, de forma escalonada por conta de não dispor de doses de vacinas imediatas para vacinar todos os grupos em etapa única. A distribuição foi detalhada por meio de informes técnicos e notas informativas no decorrer da campanha, cujo detalhamento das ações já realizadas estão disponíveis no site do Ministério da Saúde<sup>25</sup> (BRASIL, 2021).

Diante de inúmeras reclamações<sup>26</sup> advindas dos Secretários de Saúde dos Estados, quanto à necessidade de transparência do Ministério da Saúde na distribuição de doses de vacina, o projeto de Lei nº 4.023, de 2020 alterou a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, que dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019, para fixar diretrizes que orientem a distribuição de vacinas contra a covid-19 à população, em seus §§ 7º-D e 7º-E do art. 3º:

§ 7º-D. A vacinação priorizará os grupos mais vulneráveis à covid-19, de acordo com parâmetros científicos, estabelecidos em regulamento.

§ 7º-E. A distribuição de doses de vacina e a transferência de recursos federais para aquisição de vacinas, para Estados, Distrito Federal e Municípios, observarão critérios técnicos definidos em regulamento, que deverão considerar informações e dados demográficos, epidemiológicos e sanitários, em que se incluem:

I – tamanho da população;

II - percentual da população imunizada contra covid-19;

III - participação percentual dos grupos vulneráveis no total da população;

IV - percentual da população já acometida por covid-19;

V – número de casos e óbitos;

VI - número e taxas de hospitalizações e de óbitos por covid-19 e por síndrome respiratória aguda grave;

VII - capacidade instalada da rede de saúde na localidade ou região;

VIII – grau de urbanização e potencial de disseminação da covid-19 na localidade ou região.

---

25 <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/vacinas/plano-nacional-de-operacionalizacao-da-vacina-contr-a-covid-19>

26 Estados questionam critérios e cobram do Ministério da Saúde mais doses de vacinas contra a Covid-19 [informação obtida em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2021/02/12/estados-questionam-criterios-e-cobram-do-ministerio-da-saude-mais-doses-de-vacinas-contr-a-covid-19.ghtml>, 31 out 2021]

A justificativa para a mudança na referida lei consiste na mitigação da lógica de mercado, onde os países que possuem maior capacidade econômica utilizem sua vantagem para adquirir grande quantidade de doses de vacina. Outro fator que também é mencionado é o fato de haver uma concorrência interna no Brasil, em uma disputa entre governos estaduais e municipais para aquisição das vacinas, sendo preciso regulamentar a forma como a distribuição de vacinas contra a covid-19 deve ser feita à população, quando adquirida com recursos públicos federais.

Dessa forma, foi proposto que a imunização da população fosse conduzida com a priorização dos grupos mais vulneráveis à doença, mediante a observação de critérios técnicos devidamente definidos em regulamento, de acordo com estatísticas e indicadores demográficos, epidemiológicos e sanitários, trazendo assim, maior publicidade e transparência à utilização dos insumos adquiridos para a vacinação (BRASIL, 2020).

## 2.5 EXPLORAÇÃO BIBLIOMÉTRICA DA TEMÁTICA

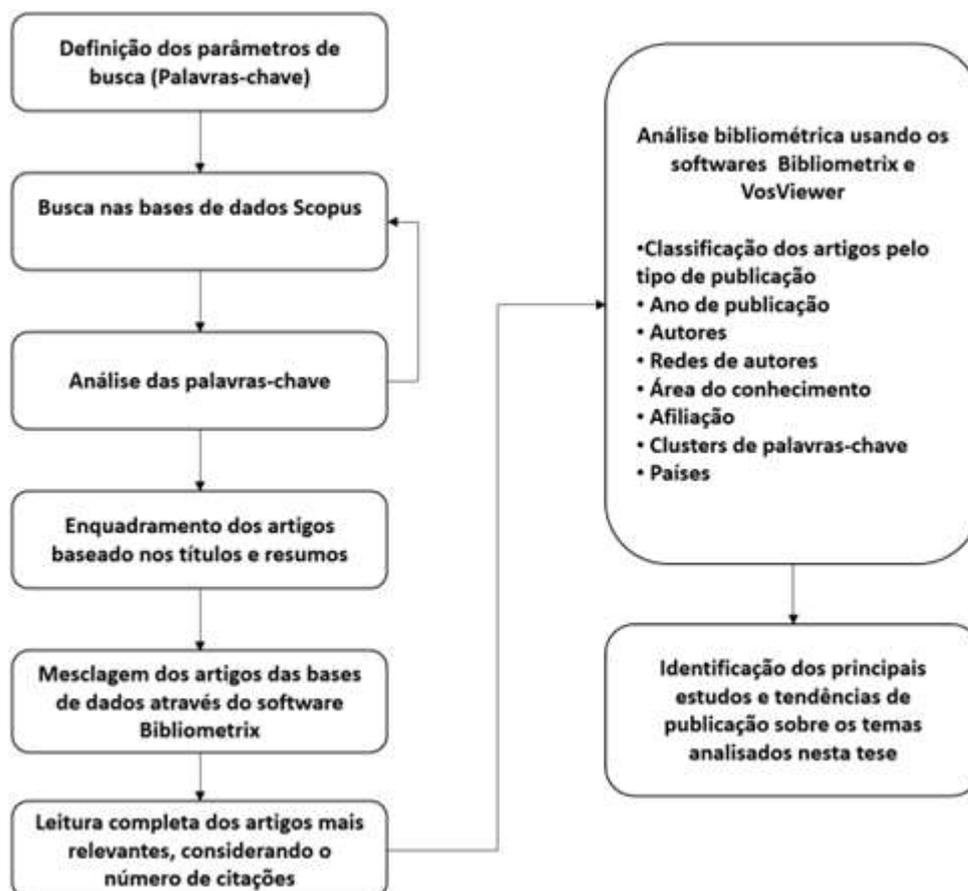
Após um período pandêmico, pôde ser visto uma sociedade fortemente conectada e dependente da tecnologia, seja em nível social, econômico, ambiental e até mesmo político, tal situação pode nos ajudar a quebrar fronteiras até então existentes e prover caminhos de inovação, proporcionando um mundo cada vez mais globalizado, inovador e competitivo. Coates *et al.* (2001) já previa que, instituições privadas, públicas e governamentais seriam pressionadas a entender, antecipar-se e lidar com a direção que o nosso país tomaria frente a uma mudança de paradigmas e da direção de inovação tecnológica estando em busca constante através da ciência e análise de dados e da tomada de decisão para fins estratégicos, como no caso dessa exploração bibliométrica de pesquisa acadêmica, a qual pretendeu indicar quais pesquisas de ações de políticas públicas ligadas às técnicas de otimização de distribuição de vacina estão sendo conduzidas.

Este estudo considerou o modelo de *Webibliomining*. Nesta seção, uma adaptação do modelo proposto por Costa (2010), Silva *et al.* (2015) e Barros *et al.* (2015) foi aplicada.

A pesquisa foi realizada na base Scopus em 19 de junho de 2022. Não houve limites para o tipo de documento ou tipo de acesso. A Figura 3 ilustra as etapas

utilizadas para a escolha dos documentos mais relevantes para o tema, análise e resultados obtidos mediante aplicação dos softwares Bibliometrix e VOSviewer.

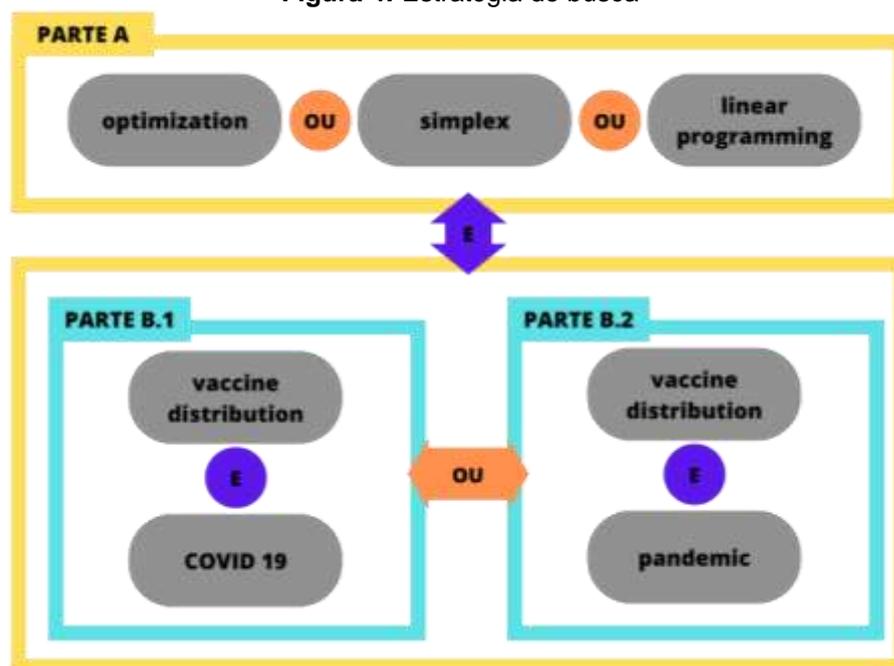
**Figura 3:** Passos do estudo bibliométrico realizado



Fonte: Adaptado de Costa (2010), Silva *et al.* (2015) e Barros *et al.* (2015).

A estratégia a seguir foi testada nos bancos de dados das bases Scopus para encontrar documentos sobre os temas da pesquisa: TITLE-ABS-KEY (("optimization" OR "simplex" OR "linear programming") AND ("vaccine distribution") AND ("covid 19" OR "pandemic")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2022) OR LIMIT TO (PUBYEAR, 2021)). Esta pode ser interpretada conforme figura 4.

Figura 4: Estratégia de busca



Fonte: Autoria própria.

Logo, foram encontrados 38 documentos na base Scopus que continham no título ou no *abstract* ou nas palavras-chaves qualquer palavra apresentada na Parte A da Figura 4 e, obrigatoriamente em conjunto, com uma das combinações das palavras da Parte B, podendo ser a Parte B.1 ou a Parte B.2.

Após a busca, foi realizada a leitura dos resumos dos documentos para verificar se havia no conjunto trabalhos que fugiam ao tema desta pesquisa ou se haviam registros repetidos, logo, foram descartados 7 documentos, considerando-se, assim o conjunto com 31 documentos no total.

Cabe destacar que no estudo bibliométrico proposto, foram considerados apenas artigos com aplicações de programação linear, sem levar em consideração outros tipos de algoritmos de otimização. Tal procedimento se justifica pelo fato de a programação linear, notadamente o algoritmo simplex, ser a técnica de pesquisa operacional voltada para otimização mais difundida na literatura acadêmica (AHLERT *et al.*, 2014), pois busca a solução ótima, a melhor combinação das variáveis, tal como o melhor resultado possível. Diante do exposto, a técnica de análise bibliométrica desse trabalho pode contribuir para uma visão macroscópica de estudos sobre a temática incluindo as atividades científica como artigos, pesquisadores, patentes, além de apontar caminhos de investigação detalhada da literatura dentro do escopo estudado. Reitera-se ainda que nesse processo de

análise bibliométrica, não foi dispensada uma análise da revisão da literatura a fim de contribuir com o entendimento da área em questão (KOSTOFF *et al.*, 2001).

Outro fator determinante é que a pesquisa em questão, traz à tona, a priorização das doses da vacina contra covid-19 no estado do Rio de Janeiro, derivado de uma quantidade de lotes de imunizantes inferior à população inicialmente priorizada. Através de dados do Ministério da Saúde e do Programa Nacional de Imunizações, exceto a nova ocorrência viral, já existe uma manutenção e disponibilidades preconizados nos calendários e nas campanhas nacionais de vacinação para a população brasileira, que por ora, já se encontram controladas, erradicadas e eliminadas quando tratamos de doenças imunopreveníveis, não sendo, portanto, objeto desse estudo.

Após a busca, foi realizado o tratamento dos dados com o auxílio do software Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017). Desta forma, foi obtido o conjunto de documentos padronizados a ser estudado na análise bibliométrica conforme tipologia apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resultados da pesquisa nos bancos de dados das bases Scopus

<b>Tipo de documento</b>	<b>Número de artigos</b>	<b>%</b>
Artigos de periódico	22	71%
Artigos de conferência	7	22,6%
Revisão	1	3,2%
Editorial	1	3,2%
Total	31	100%

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Foi desenvolvido um estudo bibliométrico para identificar o ano de publicação, periódicos, clusters de palavras-chave, autores (incluindo a rede autoral), filiação, país/território, campos de conhecimento e língua dos 31 documentos analisados.

O *software* VOSviewer foi usado para analisar clusters de palavras-chave e a rede autoral. Esta ferramenta é muito útil para criar mapas, visualizar e explorar dados (VAN ECK; WALTMAN, 2018). Segundo Aria e Cuccurullo (2017), o aumento das taxas de publicação e os fluxos de pesquisa fragmentados tornam o uso da bibliometria essencial para o mapeamento científico.

Salienta-se que nesta pesquisa, foi realizada uma verificação para remoção de duplicatas, garantindo que todos os dados reflitam distintamente a quantidade de

trabalhos por universidade/instituições, contribuindo assim, para a padronização dos registros. Quanto às publicações, estas começaram em 2021, com 18 artigos. No presente ano desta dissertação, até o mês de junho, foram publicados 13 trabalhos.

A declaração de um surto de um novo Coronavírus, pela Organização Mundial de Saúde, deu-se em 30 de janeiro de 2020 (PAHO, 2020). Durante o decorrer de todo o referido ano, buscava-se mundialmente um plano de imunização. As primeiras doses de vacina foram aplicadas no Reino Unido, em dezembro de 2020, e não se especulava limitação quanto às doses vacinais, derivado das formas de distribuição, armazenagem, insumos, população, e principalmente quanto aos convênios laboratoriais.

Nesta pesquisa foram utilizados os anos de 2021 e 2022, os quais retratam o início de uma problemática que, antes, não era perceptível, diante das ocorrências citadas no parágrafo anterior quanto à distribuição de lotes de vacina. Tal delimitação temporal é, então, decorrente da existência de novos estudos a partir do início da vacinação para o tema proposto e os que ainda serão publicados e indexados à base no decorrer do ano vigente

A Tabela 3 mostra a distribuição de artigos por periódico. A revista *Vaccine* possui 3 (três) artigos publicados na área. Em seguida, os *periódicos Annals of Operations Research, Lecture Notes in Computer Science, Transportation Research* com 2 artigos cada. Pode-se observar, ainda, 16 periódicos com 1 (uma) publicação cada. Além disso, ao todo, 26 periódicos apresentam documentos publicados na área. Portanto, nota-se que nenhum periódico se destacou como publicador do assunto, visando assim, a importância e a multidisciplinariedade acerca do assunto, já que não são distribuídos por uma grande variedade de periódicos relevantes.

**Tabela 3:** Periódicos publicados

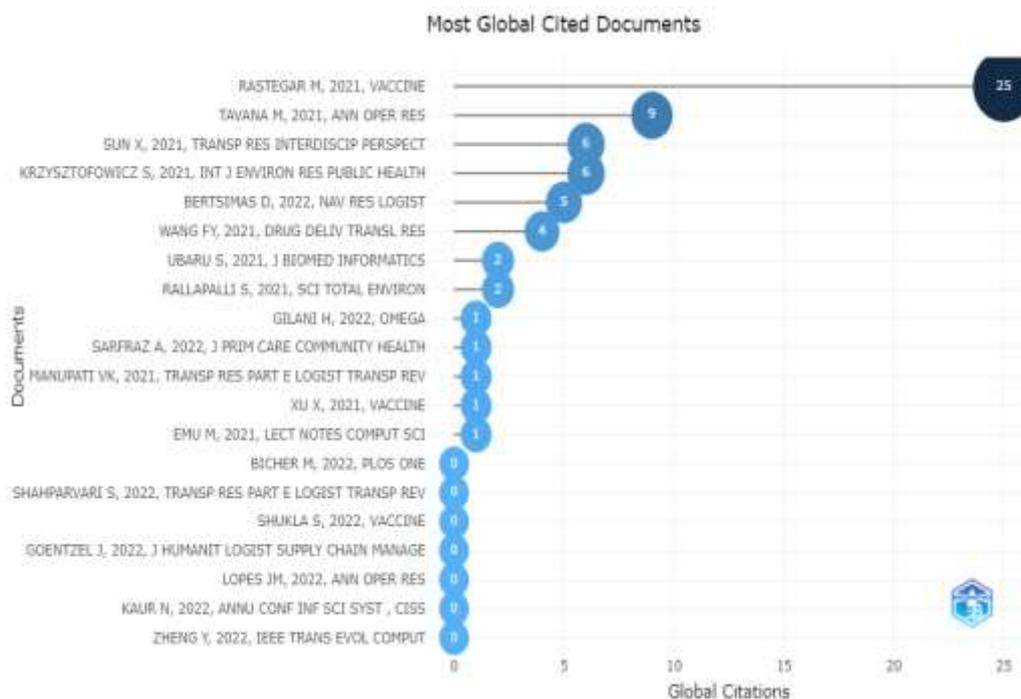
Periódicos	Artigos
VACCINE	3
ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH	2
LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE (INCLUDING SUBSERIES LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LECTURE NOTES IN BIOINFORMATICS)	2
TRANSPORTATION RESEARCH PART E: LOGISTICS AND TRANSPORTATION REVIEW	2
2022 56TH ANNUAL CONFERENCE ON INFORMATION SCIENCES AND SYSTEMS CISS 2022	1
ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES	1
CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS	1

DRUG DELIVERY AND TRANSLATIONAL RESEARCH	1
GATES OPEN RESEARCH	1
IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION	1
INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES - ISPRS ARCHIVES	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED SCIENCE AND ENGINEERING	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	1
JOURNAL OF BIOMEDICAL INFORMATICS	1
JOURNAL OF HUMANITARIAN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	1
JOURNAL OF PRIMARY CARE AND COMMUNITY HEALTH	1
LECTURE NOTES IN NETWORKS AND SYSTEMS	1
NAVAL RESEARCH LOGISTICS	1
OMEGA (UNITED KINGDOM)	1
PLOS ONE	1

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

A Figura 5 ilustra os artigos com mais citações relacionados aos temas em análise. O artigo de Rastegar (2021), do periódico *Vaccine*, destaca-se entre os mais citados dentre os trabalhos publicados na área no qual realizou um estudo sobre um modelo de programação linear mista de localização de estoque para distribuição equitativa de vacinas contra a gripe nos países em desenvolvimento durante a pandemia. O modelo proposto utiliza uma função objetiva equitativa para distribuir vacinas para prestadores de cuidados de saúde críticos e socorristas, idosos, gestantes e pessoas com condições de saúde vulnerável, buscando assim, mostrar eficácia e demonstrar a aplicabilidade do modelo de otimização.

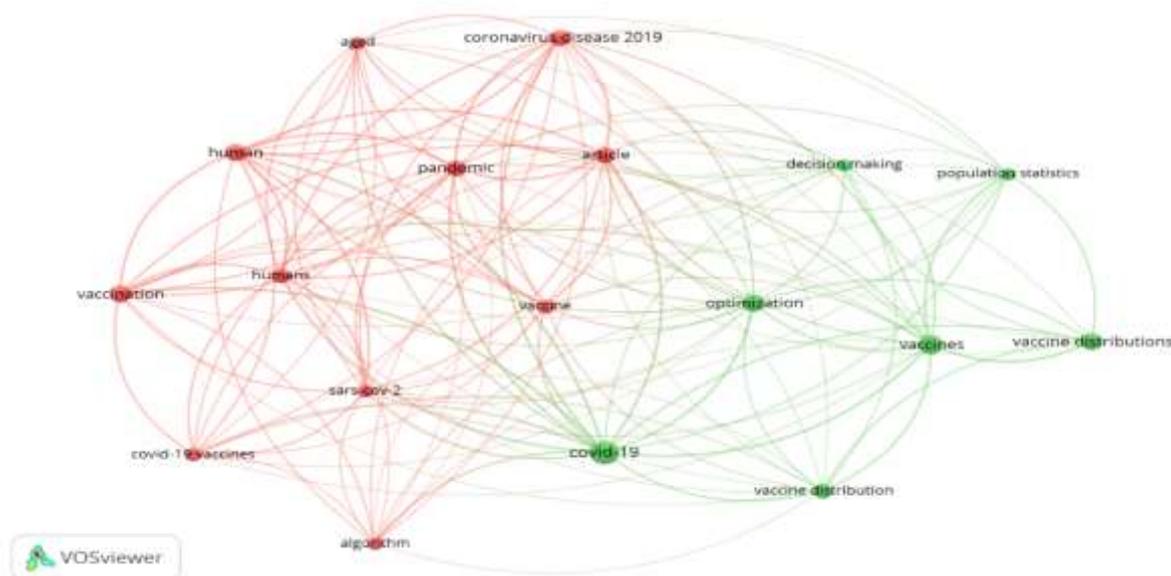
**Figura 5:** Artigos analisados mais citados globalmente



Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Analisar as palavras pode trazer informação e conhecimento sobre um determinado assunto (ISHIKIRIYAMA; MIRO; GOMES, 2015). Esta pesquisa usou o *software* VOSviewer para analisar as palavras-chave, incluindo palavras-chave dos autores e resumos dos artigos.

**Figura 6:** Clusters de palavras-chave



Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Na Figura 6 são apresentadas as palavras-chave mais utilizadas pelos artigos da amostra e o relacionamento entre elas. Desta forma, pode-se identificar quais temas geralmente são abordados pelos artigos. A força dos laços que conectam os nós ilustra a intensidade das relações das palavras-chave mencionadas na amostra (CARVALHO *et al.*, 2013). A ligação acontece porque um tema pode derivar de outro ou porque mesmos documentos abordam temas diferentes.

Pode-se observar dois grupos de clusters diferentes: vermelho e verde que se mostram bem integrados. O cluster de cor vermelha com 11 termos representa a forte interação com o conceito de vacina, vacinação covid-19, pandemia, idade, dados humanos e artigos, sendo temas insipientes acerca da temática. Por outro lado, no cluster verde, com 7 (sete) termos, destacam-se os que se referem à distribuição de vacina, otimização, estatísticas populacionais, vacina e covid-19 para a tomada de decisão. Considerando a leitura dos principais artigos, identificados nesta pesquisa, foi realizada uma verificação de conteúdo, em busca das possíveis ferramentas e metodologias elucidadas pelos autores para a prática da otimização de distribuição de vacinas e de armazenamento para períodos futuros, escassez, considerações orçamentárias, fabricante, alocação de pedidos, capacidades dependentes do tempo e agrupamento da população heterogênea, utilizando dados rotineiros para demonstrar a eficiência e eficácia da abordagem de uma programação matemática.

A expressão “*covid-19*” apresentou o maior número de ocorrências ( $o=18$ ) e a maior força total de vínculo ( $s = 102$ ), seguida por “HUMAN” ( $o = 10$ ,  $s = 83$ ). O número de ocorrências indica a quantidade de documentos em que ocorre uma palavra-chave, enquanto a força total de vínculo indica o número de ligações do termo com as demais palavras-chave analisadas (VAN ECK; WALTMAN, 2018).

Diante do exposto, a análise possibilitou verificar quais os temas que despertam maior interesse em relação às pesquisas que estão sendo realizadas.

A Tabela 4 apresenta as 18 palavras-chave mais relevantes após aplicação do software VOSviewer, levando em consideração o número de ocorrências e a força total de vínculo.<sup>27</sup>

---

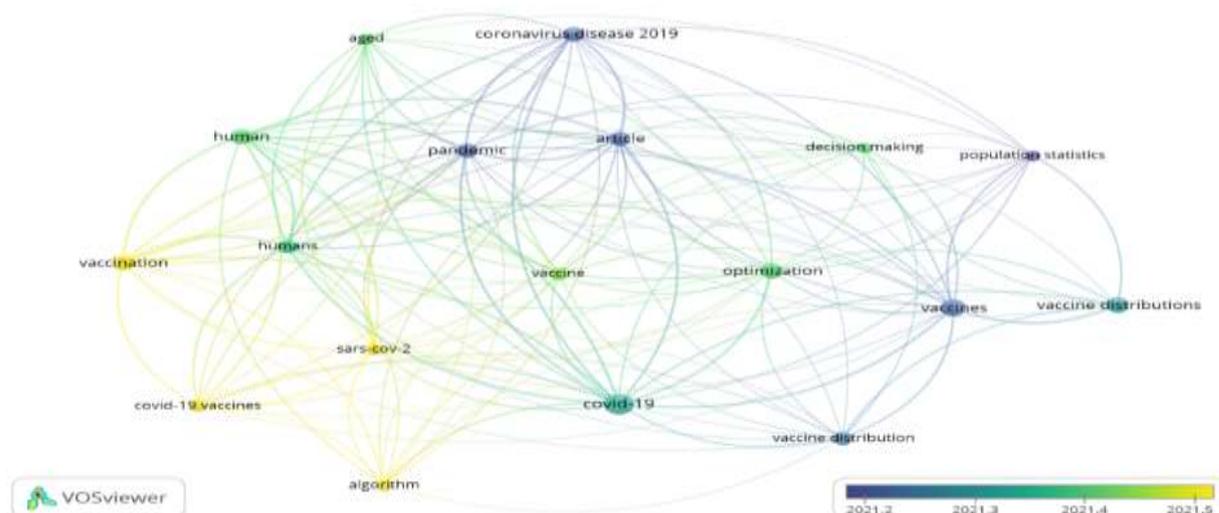
27 A força de um link indica o número de referências citadas que duas publicações têm em comum (no caso de links de acoplamentos bibliográficos), o número de publicações que dois

**Tabela 4:** Palavras-chave mais relevantes para o estudo

<b>Palavra-chave</b>	<b>Ocorrências (o)</b>	<b>Força total de vínculo (s)</b>
covid-19	18	102
Human	10	83
Article	9	75
Coronavirus Disease 2019	9	75
Pandemic	9	73
Humans	8	68
Vaccination	10	68
Vaccines	13	63
Optimization	10	59
Sars-Cov-2	6	55
Vaccine	7	46
Aged	5	45
covid-19 vaccines	6	44
Vaccine distributions	10	33
Decision making	5	30
Vaccine distribution	8	30
Algorithm	5	28
Population Statistics	5	27

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Os assuntos mais relacionados além de distribuição vacinal, que é um dos termos de busca, são análises estatísticas da população, incluindo métricas relacionadas à idade, indicando uma certa tendência dos assuntos abordados nos artigos. Em seguida, foi elaborada a análise temporal das palavras-chave (Figura 7).

**Figura 7:** Análise temporal das palavras-chave

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Analisando a visualização temporal, observa-se que as primeiras aplicações trataram de aspectos vacinais e distribuição de vacinas, enquanto as mais recentes indicam uma tendência de pesquisa nas áreas de otimização e construção de algoritmos para tomada de decisão. O assunto *vacinação* pode ser visto em toda a janela temporal, ressaltando-se sua importância no contexto da pandemia.

**Figura 8:** Evolução temática dos artigos analisados

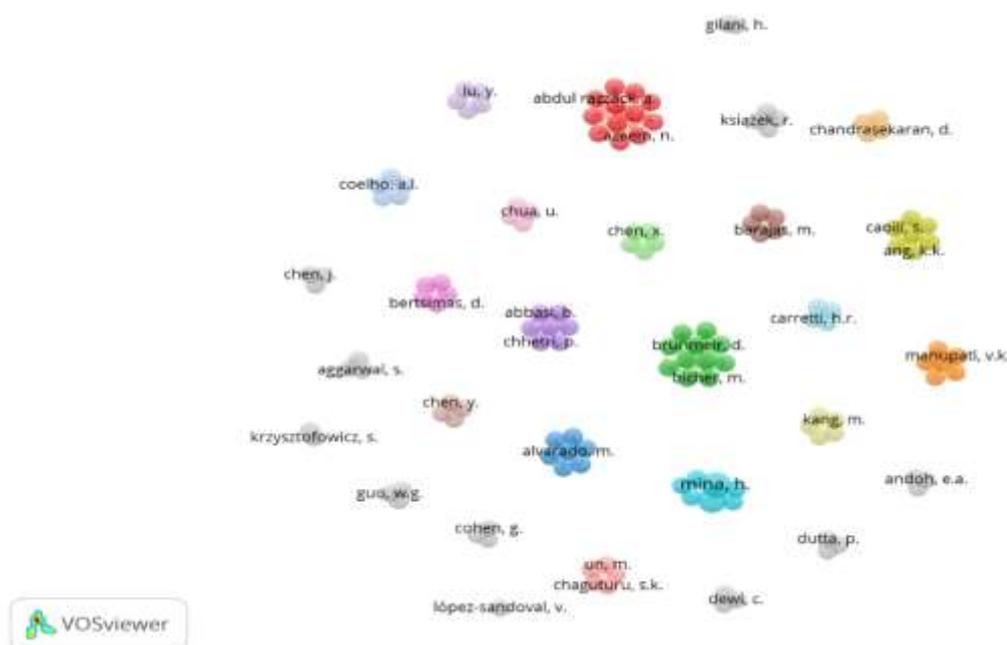
Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Na evolução temática (Figura 8), pode-se avaliar que as pesquisas relacionadas a algoritmos e otimização estão evoluindo gradativamente para objetivos relacionados à distribuição de vacinas, levando em conta a distribuição por

idade da população a ser vacinada, já que seus riscos ainda são objeto de estudo. Portanto, o tema abordado nesta pesquisa, apresenta elevada aderência às publicações mais recentes sobre o tema, tendo em vista que pode ser considerada um dos maiores feitos da ciência moderna, diante do curto tempo de criação das várias vacinas contra o covid-19, e apesar das inúmeras variáveis contra, quanto da sua distribuição.

Dentre os principais pesquisadores da área, destacam-se 2 (dois) autores, com pelo menos 2 (dois) artigos cada um: MINA, H. e TAVANA, M. Além disso, 135 autores publicaram 1 (um) artigo cada. Esta pesquisa também analisou a rede de relacionamento dos autores, sem limitar o número de autores por artigo e o número mínimo de citações. Para criar o mapa, não foram considerados autores com força total de zero. A Figura 9 apresenta a rede autoral, com 29 clusters.

**Figura 9:** Análise do relacionamento entre os autores



Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Verifica-se um grande número de clusters sem inter-relação mútua. O maior conjunto de itens conectados é composto por 12 autores, identificados na cor vermelha, com a força de relacionamento  $s=11$  e 1 documento publicado. O cluster com mais artigos publicados é composto por 7 (sete) autores na cor azul liderado pelo autor MINA, H., com 2 documentos e  $s=7$ .

A Tabela 5 mostra as instituições que publicaram 3 (três) ou mais artigos.

**Tabela 5:** Distribuição de artigos por instituição, com mais de 2 trabalhos publicados

<b>Afiliações</b>	<b>Artigos</b>
DE LA SALLE UNIVERSITY – MANILA	3
UNIVERSITY OF TEHRAN	3
LA SALLE UNIVERSITY	2
THE STATE UNIVERSITY OF NEW JERSEY	2
UNIVERSITY OF LEEDS	2
UNIVERSITY OF PADERBORN	2
UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES DILIMAN	2

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

As instituições *De La Salle University* e *University Of Tehran* se destacam, com 3 (três) documentos, seguidas por 5 instituições com 2 artigos cada.

A Tabela 6 mostra a distribuição de artigos por nacionalidade dos autores, considerando mais de 2 (dois) artigos publicados. A pesquisa encontrou 32 países.

Os Estados Unidos ocupam o primeiro lugar, com 17 trabalhos. Em seguida, a Índia e o Irã aparecem com 4 (quatro) documentos.

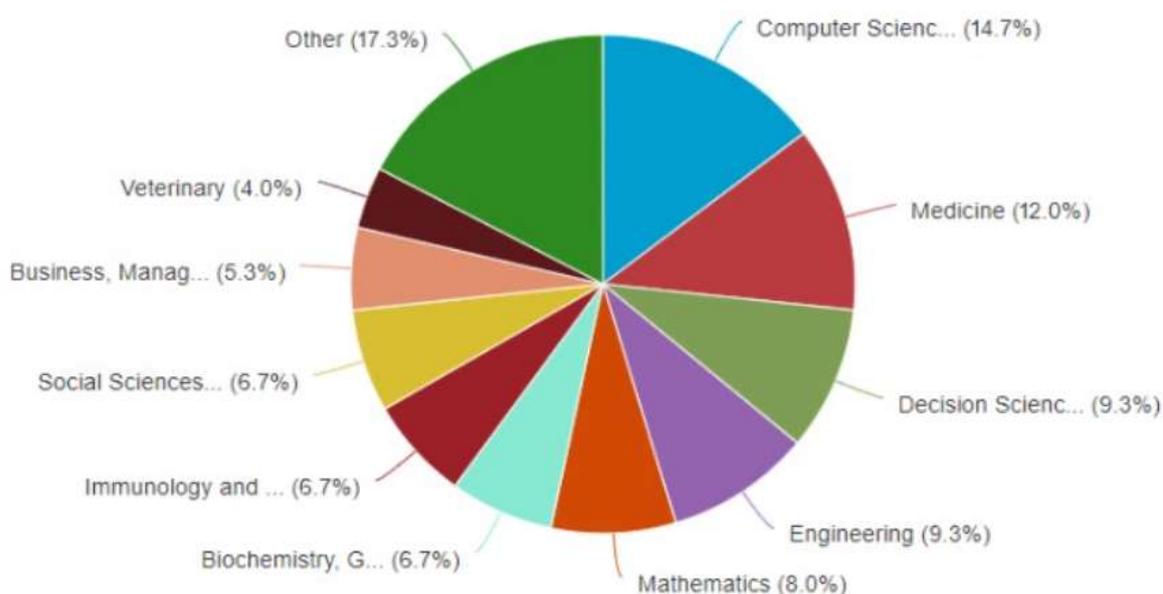
Vale ressaltar que um trabalho pode ter coautoria de pesquisadores de diversos países (por isso, o total ultrapassa 31 artigos), já que a colaboração na ciência é uma estratégia adotada por pesquisadores, envolvendo uma atividade social que tem como meta viabilizar, facilitar e potencializar o desenvolvimento de pesquisas, compreendendo a interação entre pesquisadores que cooperam entre si para produzir conhecimento científico, envolvendo habilidades e conhecimentos distintos, os quais possibilitam a realização de estudos mais aprofundados, com diferentes perspectivas e opiniões, análises mais precisas e elaboradas, além de agilidade e redução de tempo na construção do trabalho (HILÁRIO; GRÁCIO, 2011).

**Tabela 6:** Distribuição de artigos por país ou território

<b>Países</b>	<b>Artigos</b>
Estados Unidos	17
Índia	4
Irã	4
China	2
Alemanha	2
Filipinas	2
Polônia	2
Taiwan	2

A Figura 10 ilustra a distribuição de artigos por campo do conhecimento: Ciências da Computação (14,7%), Medicina (12%), Ciência da Decisão (9,3%), Engenharia (9,3%), Matemática (8%) destacam-se em relação a outras áreas, com aproximadamente 55% do total de artigos.

**Figura 10:** Distribuição de artigos por área do conhecimento



Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Nos mapeamentos bibliométricos usados nesta pesquisa, reitera-se o uso da padronização dos registros, com a finalidade de excluir os dados duplicados de instituições acadêmicas, nome dos autores, revistas e demais registros citados no estudo, fazendo uso de critérios justos. Por fim, língua inglesa se destaca em relação aos outros, representando cerca de 100% do total de artigos.

### 2.5.1 Revisão sistemática dos principais métodos identificados na exploração bibliométrica

Através da revisão da literatura encontrada sobre distribuição de vacinas mostra que a pesquisa nesse campo ainda está em sua infância. Assim, dentre os principais periódicos, destaca-se os autores Rastegar *et al.* (2021), os quais

realizaram um estudo sobre um modelo de programação linear mista de localização de estoque para distribuição equitativa de vacinas contra a gripe nos países em desenvolvimento durante a pandemia. O modelo proposto utiliza uma função objetiva equitativa para distribuir vacinas para prestadores de cuidados de saúde críticos e socorristas, idosos, gestantes e pessoas com condições de saúde vulnerável, buscando assim, mostrar eficácia e demonstrar a aplicabilidade do modelo de otimização.

Tavana *et al.* (2021) realizaram um estudo de caso no qual apresenta um modelo de programação linear mista de armazenamento e distribuição de vacinas covid-19 equitativa nos países em desenvolvimento, levando em consideração alguns pressupostos na abordagem proposta como a possibilidade de armazenamento para períodos futuros, escassez, considerações orçamentárias, fabricante, alocação de pedidos, capacidades dependentes do tempo e agrupamento da população heterogênea, utilizando dados rotineiros para demonstrar a eficiência e eficácia da abordagem de programação matemática proposta neste estudo.

Sun *et al.* (2021) apresentam uma análise baseada em simulação para melhorar a distribuição da vacina covid-19. Desenvolveram uma abordagem baseada em simulação combinando otimização de rotas e simulação dinâmica para melhorar o desempenho logístico para a distribuição de vacinas covid-19, utilizando um pacote de simulação de última geração chamado anyLogistix usado para realizar um estudo de caso do mundo real na Noruega através de dados das demandas periódicas de vacinas, locais de clientes e armazéns, custos e emissões relacionados ao veículo e níveis de serviço esperados, as implicações são obtidas com base na análise de vários cenários.

Krzysztofowicz *et al.* (2021) aplicaram o uso da tecnologia GIS para otimizar a distribuição de vacinas aos locais de vacinação, de modo a minimizar o período necessário para vacinar grupos populacionais individuais. Assim, obtiveram informações sobre o número de pessoas em um determinado grupo populacional que vive na área de cada local de vacinação e, em seguida, estimar o tempo necessário para vacinar esse grupo.

Bertsimas *et al.* (2021) utilizam uma nova abordagem baseada em dados para otimizar a distribuição de vacinas covid-19. Foi gerado um modelo epidemiológico de última geração, chamado DELPHI, para captar os efeitos das vacinas e a

variabilidade nas taxas de mortalidade entre as faixas etárias. Em seguida, houve a integração entre um modelo preditivo em um modelo prescritivo para otimizar a localização dos locais de vacinação e a subsequente alocação de vacinas, sendo proposto um algoritmo de descida coordenada entre otimizar a distribuição de vacinas e simular a dinâmica da pandemia.

Para atender à necessidade de modelos baseados em gráficos dinâmicos e polinomiais para análise de dados de rastreamento de contato e prescrição ideal de testes, Ubaru *et al.* (2021) explicam as interações entre indivíduos ao longo do tempo, como os obtidos por rastreamento de contato manual ou automatizado, e usam um mecanismo de difusão-reação para descrever a dinâmica do estado, identificando indivíduos prováveis expostos/infectados a quem possa fornecer avisos antecipados. Para isso, foi proposto o uso da *Expansão do Caos Polinomial arbitrário*, técnica popular usada para quantificação da incerteza, podendo ser utilizada inclusive, para otimizar a distribuição de vacinas para conter a propagação da doença quando vacinas limitadas estiverem disponíveis.

Rallapalli *et al.* (2021) propõem um novo modelo bayesiano baseado em difusão para identificar populações-alvo e locais otimizados com uma probabilidade máxima de detectar o RNA do SARS-CoV-2 em redes de águas residuais. Consequentemente, o monitoramento em tempo real do RNA do covid-19 em águas residuais usando autosamplers ou biosensores poderia ser implantado de forma eficiente. A detecção de vírus nesses casos não só facilitaria testes focados, mas também forneceria comunidades potenciais para distribuição de vacinas. Desta forma, os governos poderiam ter reduzido os períodos de confinamento, aliviando assim o estresse humano e impulsionando o crescimento econômico.

Diante da inacessibilidade vacinal nos países em desenvolvimento dificultando a erradicação pandêmica, Gilani *et al.* (2022) apresentam um modelo matemático para a vacina covid-19 abrangendo aspectos econômicos, ambientais e sociais e fornece vacinas tanto no mercado interno quanto internacionalmente. Neste mesmo estudo é visto um modelo baseado em uma incerteza poliédrica definida para abordar a injusta distribuição mundial de vacinas como parâmetro incerto.

O uso da Indústria 4.0 para o covid-19, utilizando aplicações de otimizações integradas de processos dependentes de dados digitalizados, é proposto por Sarfraz *et al.* (2022), utilizando novas redes inteligentes ao longo da cadeia de valor das

vacinas. A análise usou como alvo o desempenho, o desenvolvimento, a estabilidade dos processos, a conformidade, a avaliação da qualidade e a manutenção otimizada através da eficácia da análise de big data na simplificação dos limites de parâmetros definidos no estudo.

Manupati *et al.* (2021) realizaram um estudo para elaborar os melhores cenários de distribuição de vacinas, garantindo o armazenamento adequado, o transporte e as considerações de custos. Foram realizadas análises preditivas para três cenários diferentes e dividindo a cadeia de distribuição. Em seguida, um modelo de programação linear mista (MILP) foi formulado para localizar e alocar instalações de armazenamento a frio para a produção de vacinas em massa.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O REFERENCIAL TEÓRICO

Esta pesquisa tem como objetivo propor cenários para uma possível solução quanto a distribuição equitativa da vacina contra a covid-19 no estado do Rio de Janeiro. Como pôde ser visto nas seções anteriores deste referencial teórico, o Brasil não dispunha de uma capacidade de fornecimento disponível de tecnologia de produção, além de restrições orçamentárias e a falta de infraestrutura de distribuição (RASTEGAR *et al.*, 2021).

Os países em desenvolvimento lutaram para conter e mitigar a propagação da doença por coronavírus, e os líderes mundiais exigiam distribuição equitativa de vacinas para desencadear a recuperação econômica. Algumas ações puderam ser vistas na educação on-line, na quarentena e no distanciamento, os quais foram usadas para controlar o coronavírus, mas o melhor método para conter essa doença é a vacinação. Além disso, a pandemia também causou desafios significativos aos sistemas logísticos e às cadeias de suprimentos globais (DE BOECK *et al.*, 2019; SARKIS, 2020; YU *et al.*, 2020). Diante do exposto, muitos países tiveram que identificar e priorizar cuidadosamente as populações vulneráveis e racionalizar o processo de alocação de vacinas (TAVANA *et al.*, 2021). A vacinação em massa ainda continua sendo considerada a maneira mais promissora de controlar a propagação da doença e restaurar a vida normal (SUN *et al.*, 2021).

Uma revisão da literatura através de pesquisa bibliométrica de distribuição de vacinas mostrou que a pesquisa neste campo ainda se encontra em fase de maturação. O estudo bibliométrico forneceu uma visão geral exploratória e descritiva

da produção científica sobre aplicação de métodos quantitativos de apoio à tomada de decisão quanto à distribuição das vacinas contra a covid-19. Além disso, a necessidade de agrupar e priorizar a população é outra complexidade adicional para a distribuição de vacinas neste âmbito.

Alguns pesquisadores, como Rastegar *et al.* (2021), os quais propuseram um modelo matemático para distribuição de vacinas e otimização da rede da cadeia de suprimentos e Tavana *et al.* (2021) que apresentaram um modelo de programação linear de inteiros mistos para a distribuição equitativa de vacinas contra a covid-19 em países em desenvolvimento, dentre outros.

Satisfazer a demanda global por vacinas covid-19 não é uma problemática de curto prazo devido à produção e oferta limitadas, visto na revisão sistemática. A entrega da vacina está sujeita ao tempo de espera, além das restrições limitadas de produção e fornecimento, a exigência de refrigeração e orçamentária os quais são um grande obstáculo nos países em desenvolvimento.

Nessa linha do tempo, desde a descoberta do vírus até a aplicação dos primeiros lotes vacinais, presenciamos uma escassez de insumos e recursos e dos paradigmas atrelados a uma cadeia complexa que envolve transporte, armazenagem, capacidade, controle e distribuição da vacina, sendo fundamental um planejamento que vise garantir a efetividade e eficácia da imunização de toda a população.

Destaca-se que, ao analisar os dados e as alternativas propostos, será de mais fácil assimilação e identificação de tendências para os especialistas da área trazendo maior clareza sobre o assunto em pesquisas futuras.

Pode-se destacar que os principais métodos de otimização de distribuição de vacinas para prevenção da covid-19, em período de escassez de imunizantes encontrado na literatura científica foram: um modelo de programação linear de número inteiro misto de localização de inventário para distribuição equitativa de vacinas contra a gripe em países em desenvolvimento durante a pandemia, modelo matemático para a distribuição equitativa da vacina neste âmbito, simulação através do pacote anyLogistix e o uso da tecnologia GIS para otimizar a distribuição de vacinas covid-19.

Diante do exposto, a revisão da literatura revelou aplicações que combinam métodos diversos para apoiar o processo de tomada de decisão em tempos pandêmicos da covid-19, sendo possível aproveitar as características de cada

estudo quantitativo como forma de contribuição para o meio acadêmico. Outrossim, os resultados numéricos otimizados podem fornecer valioso apoio às autoridades de governamentais e de saúde.

Como limitação desta pesquisa bibliométrica, considera-se que seus resultados não podem ser generalizados, ficando-os restritos à base.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada no qual foram realizadas análises de conteúdo e procedimentos bibliográficos com abordagem quantitativa baseada na coleta de dados documentais de grade mista, que, segundo Vergara (2005, p. 17), ocorre quando são “definidas preliminarmente as categorias pertinentes aos objetivos da pesquisa, mas se admite a inclusão de categorias que possam surgir durante o processo de análise”, para uma pesquisa de objetivo tanto exploratório quanto explicativo.

Para a análise dos dados, foram executadas técnicas estatísticas como descrição tabular e paramétrica, utilizando medidas de tendência central, porcentagens, interpolação linear, análise de cenários através de ferramentas computacionais como o MS Excel e seus suplementos (Solver), o uso de técnicas de *data science* aplicados através do R-Studio, utilizando aprendizado de máquina não supervisionado para clusterização, além do uso da ferramenta *Tableau* para gerar gráficos e mapas resumindo os dados encontrados neste trabalho.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Foram utilizados dados dos sítios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Centro de Informações Estratégicas e Resposta de Vigilância em Saúde (CIEVS-RJ), da Secretaria de Saúde do Governo do Estado do Rio de Janeiro, do SIM - Sistema de Informação sobre Mortalidade e Ministério da Saúde. O tratamento dos dados foi dividido em 2 fases (conforme explicado nas seções anteriores): a primeira fase visa atender o terceiro e quarto objetivo específico, que versa sobre a apresentação de possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em consideração a quantidade de anos de vidas salvas de modo a proporcionar menor impacto na expectativa de vida e apresentar possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em consideração a quantidade de vidas salvas e a segunda fase para atender o quinto objetivo específico que foi o de apresentar possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em

consideração a escolha de municípios prioritários para maximizar a quantidade de vidas e anos salvos.

Para a primeira fase, os dados compreendem a estimativa populacional fluminense do ano 2021, a quantidade de casos de pessoas infectadas e de óbitos de covid-19 do Estado do Rio de Janeiro, atualizados até o marco de 19 de janeiro de 2021. Os achados foram divididos em 10 faixas etárias, sendo desconsideradas as faixas de 0 a 4 anos tendo em vista a não recomendação inicial da aplicação da vacina e devido à carência de dados complementares sobre estudos que ainda se encontram em andamento caracterizando o benefício da vacina, frente à situação epidemiológica existente no momento (BRASIL, 2022). A faixa etária superior a 100 anos de idade, diante da baixa representatividade em números, e foram ignoradas também, as prioridades associadas às atividades profissionais e da população com comorbidades, devido à dificuldade encontrada em mensurar os números em bases de dados públicos frente a uma variedade de doenças), conforme disponibilidade dos dados obtidos do CIEVS-RJ.

**Tabela 7:**Faixas Etárias

<b>Faixa Etária</b>	<b>População</b>	<b>Casos</b>	<b>Óbitos Covid</b>	<b>Óbitos Gerais</b>
5 a 09 anos	1.112.415	6499	22	138
10 a 19 anos	2.163.709	26948	57	1.571
20 a 29 anos	2.621.249	98308	302	4.388
30 a 39 anos	2.678.878	142452	921	5.610
40 a 49 anos	2.512.976	134410	2109	9.762
50 a 59 anos	2.156.723	106930	4215	18.910
60 a 69 anos	1.690.453	74126	7835	32.615
70 a 79 anos	929.051	40059	8899	35.939
80 a 89 anos	377.208	19554	6995	31.736
90 a 99 anos	96.048	5496	2394	13.434
<b>Total</b>	<b>16.338.710</b>	<b>654.782</b>	<b>33.749</b>	<b>154.103</b>

Fonte: do autor.

A partir das bases de dados descritas acima, foram calculados os percentuais de óbitos por faixa etária, que possibilitaram analisar qual/quais a(s) melhor(es) faixa(s) para aplicação do primeiro lote da vacina, composto por 488.320

imunizantes recebidos pelo governo do Estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2021.

Posteriormente, na fase 2, foram coletados os dados dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro, mas desconsiderados 25 por possuírem população inferior a 20 mil habitantes, com potencial para distorcerem a letalidade por 100 mil habitantes. Desse modo, para definir as prioridades na distribuição da vacina, foram usados os 67 municípios restantes, cuja finalidade foi a de apresentar possíveis cenários de priorização na distribuição da vacina, levando em consideração a escolha de municípios prioritários para maximizar a quantidade de vidas e anos salvos.

**Tabela 8:** Fragmento dos Dados dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro

<b>Município</b>	<b>Populaçã o</b>	<b>Casos</b>	<b>Óbitos</b>	<b>Casos 100K</b>	<b>Óbitos 100K</b>
Rio de Janeiro	6775561	248184	20479	3662,929166	302,2480353
São Gonçalo	1098357	42197	1896	3841,829205	172,6214701
Duque de Caxias	929449	17720	1132	1906,505898	121,7925889
Nova Iguaçu	825388	16060	1148	1945,751574	139,0861025
Niterói	516981	36164	1519	6995,228064	293,8212429
Belford Roxo	515239	19369	501	3759,226301	97,23642814
Campos dos Goytacazes	514643	21283	918	4135,488096	178,3760782
São Joao de Meriti	473385	7688	768	1624,048079	162,2358123
Petrópolis	307144	18010	590	5863,699112	192,0923085
Volta Redonda	274925	20579	510	7485,314177	185,5051378

Fonte: do autor.

### 3.3 TRATAMENTO DOS DADOS – FASE 1

Tendo em vista que o IBGE apresenta a estimativa populacional apenas por faixa etária, visando a obtenção de resultados mais precisos, foi calculada a estimativa populacional por idade através de um método de interpolação.

Em seguida, foram obtidos os dados de óbitos gerais por idade dos 2 (dois) anos que precederam o início da covid-19 no Brasil (2018 e 2019), calculada a média e estimado o percentual de óbitos gerais para cada idade em um período equivalente ao período do início da covid-19 (anterior ao primeiro lote da vacina – 320 dias).

Equação 1: Média de Óbitos Gerais

$$Médiadeóbitosgerais = \frac{óbitosgerais2018 + óbitosgerais2019}{730dias} \times 320dias$$

Fonte: do autor.

Equação 2: Percentual de Óbitos Gerais

$$Percentualdeóbitosgerais = \frac{Médiadeóbitosgerais}{Estimativapopulacionalporidade} \times 100$$

Fonte: do autor.

De posse desses dados, foi possível elaborar uma matriz, simulando a expectativa de vida por idade e realizada uma projeção com a população atual da idade em que, a cada ano seguinte, foi deduzido o percentual de óbitos gerais estimado para aquela faixa etária, de forma sucessiva, até 99 anos.

**Tabela 9:** Fragmento da Matriz de Expectativa de Vida por Idade

	5	6	7	8	9	10	11
Evolução de 5 anos	224.065	224.025	223.984	223.954	223.915	223.881	223.840
Evolução de 6 anos		223.258	223.218	223.188	223.149	223.115	223.074
Evolução de 7 anos			222.442	222.413	222.373	222.340	222.299
Evolução de 8 anos				221.639	221.600	221.566	221.526
Evolução de 9 anos					220.814	220.780	220.740
Evolução de 10 anos						195.752	195.716
Evolução de 11 anos							200.321

Fonte: do autor.

Esse foi o método aplicado para substituir uma expectativa de vida fixa (baseada na média) por uma estimativa de vida que varia de acordo com cada idade. Já o somatório projetado das populações por idade a cada ano subsequente retorna como resultado os anos de vida totais estimados para cada idade.

Equação 3: Estimativa de Anos de Vida por Idade

$$\sum_{i=idade}^{n=99} Estimativapopulacionalanos - (estimativapopulacional * óbitosgeraisi)$$

Fonte: do autor.

Após a coleta de dados acerca dos óbitos oriundos da covid-19 por idade foram calculados os respectivos percentuais destes.

Equação 4: Percentual de Óbitos por Covid-19

$$\text{Percentuais de óbitos por covid} = \frac{\text{Óbitos por Covid}}{\text{Estimativa populacional}} \times 100$$

Fonte: do autor.

Na sequência, foi simulada a distribuição do primeiro lote das vacinas de modo proporcional nas respectivas faixas etárias (considerando cada idade dentro das faixas) e assim se obteve a quantidade de vidas salvas ao se considerar uma eficácia contra morte de 100%.

**Tabela 10:** Vidas Salvas Eficácia de 100%

<b>Faixa Etária</b>	<b>s</b>	<b>Vacinas</b>	<b>Vidas</b>
05 a 09 anos		488.320	10
10 a 19 anos		488.320	13
20 a 29 anos		488.320	56
30 a 39 anos		488.320	168
40 a 49 anos		488.320	410
50 a 59 anos		488.320	954
60 a 69 anos		488.320	2.263
70 a 79 anos		488.320	4.677
Agrupamento		488.320	9.533
70 a 79 anos		15.064	144
80 a 89 anos		377.208	6.995
90 anos e mais		96.048	2.394

Fonte: do autor.

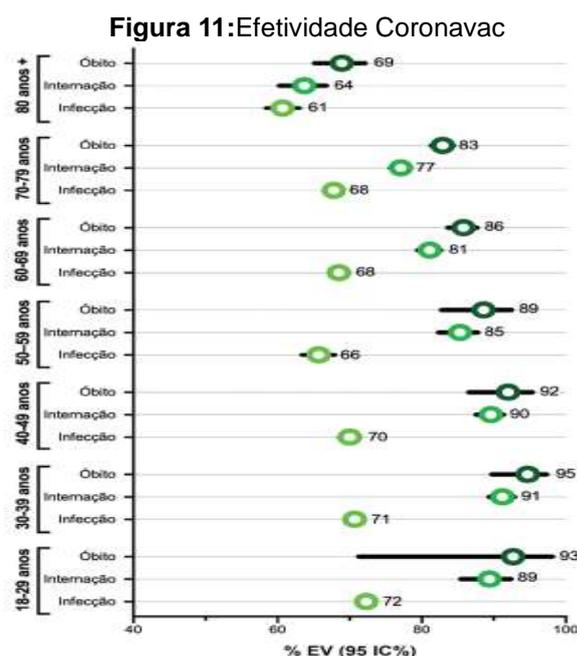
Como o quantitativo do primeiro lote era superior à soma das populações das duas últimas faixas etárias, foi realizado um agrupamento total das duas últimas faixas etárias acrescido à parte da antepenúltima faixa (70 a 79 anos) de modo a completar a quantidade de vacinas oferecidas no primeiro lote, objeto da tomada de decisão.

Foram monitoradas, então, duas variáveis de desempenho para direcionar a escolha da(s) faixa(s) etária(s) a ser(em) priorizada(s) em termos das doses iniciais. A primeira variável foi *Vidas Salvas*. Foram realizadas simulações de 81 cenários distribuindo as vacinas existentes no primeiro lote dentre as 10 possíveis faixas etárias (agregando as 3 últimas faixas em 1 só, conforme explicado anteriormente), variando a eficácia da vacina contra morte ao longo das faixas etárias: “A Coronavac é uma vacina que apresenta em sua composição o vírus inativado. Normalmente, vacina com vetores virais não replicantes têm eficácia em torno de 79%” (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Diante da escassez de pesquisas específicas acerca da eficácia da vacina Coronavac, foram estimadas eficácias de 80%, 90% e 95% em 27 cenários de acordo com cada faixa etária e outros 54 cenários, onde essa eficácia cai entre 5% e 10% em cada faixa etária a partir de 60 anos, totalizando 81 cenários.

A escolha dos cenários se deu baseada em dados da FioCruz (2021):

A análise de efetividade para a população adulta entre 18 e 59 anos evidenciou uma alta proteção em todas as faixas etárias estudadas (Figura 2C). No entanto, a Coronavac apresentou uma maior variação e uma proteção levemente menor contra infecção em relação às outras vacinas. Para os desfechos de óbito e hospitalizações a proteção variou entre 89-95% e 85-91%, respectivamente. Para os eventos de infecção essa proteção oscilou entre 66-72%. (FIOCRUZ, 2021, p. 4).



Fonte: FioCruz, 2021.

O cálculo das vidas salvas foi relativamente simples, multiplicando a quantidade de vacinas em cada faixa pelo respectivo percentual de óbito covid-19 e o seu respectivo grau de eficácia no cenário.

A segunda variável de desempenho foi *Anos Salvos*. Foram realizadas as simulações dos mesmos 81 cenários, mas agora considerando dados da expectativa de vida variável por idade, envolvendo uma lógica mais complexa. O cálculo foi realizado a partir do percentual de óbitos covid-19 da faixa multiplicado pela soma de anos que a população desta mesma faixa viveria de acordo com a matriz citada anteriormente e variando os graus de eficácia de modo equivalente ao do critério anterior.

Diante do último censo realizado no país ter sido em 2010, a estimativa populacional por faixas etárias e a interpolação realizada para estimativa por idade pode causar imprecisões.

Nesta pesquisa, os dados apurados não distinguem os óbitos de pessoas com comorbidades dos óbitos gerais. Também foram ignoradas as prioridades associadas às atividades profissionais.

O desconhecimento da real eficácia contra morte da vacina Coronavac também pode causar distorções nos resultados. As análises de cenários variando esse parâmetro crítico procuraram mitigar essa limitação.

Ao comparar os anos de vida salvos por faixa etária, foi considerada apenas a quantidade de anos salvos, ignorando fatores relacionados à qualidade ou produtividade efetiva destes anos, que tendem a ser maiores conforme a faixa etária diminui.

### 3.4 TRATAMENTO DOS DADOS – FASE 2

Foram utilizadas as mesmas bases de dados da fase 1, ou seja, os sítios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Centro de Informações Estratégicas e Resposta de Vigilância em Saúde (CIEVS-RJ), da Secretaria de Saúde do Governo do Estado do Rio de Janeiro, do SIM (Sistema de Informação sobre Mortalidade e do Ministério da Saúde), sendo que nesta segunda fase foram usados dados como população, número de casos, número de óbitos gerais e número de óbitos por covid-19 de cada um dos 92 municípios do estado. Destes, foram descartados os 25 municípios que possuíam população inferior a 20.000

habitantes e calculados os coeficientes de casos e óbitos por 100.000 habitantes dos demais 67 municípios.

Para o tratamento dos dados desta segunda fase, foi criado um *dataset* contendo os campos Município, Casos, Óbitos, Casos por 100 mil habitantes e Óbitos por 100 mil habitantes, e carregado no R-Studio sofrendo um processo de normalização para obtenção de uma escala comum, sem distorcer as diferenças nos intervalos de valores e a partir daí foi criada uma matriz de correlação.

Na matriz de correlação, os dados permitem fazer a análise de relação para cada par de variável numérica, mostrando o que acontece com determinada variável quando outra se altera. Foi utilizada a Correlação de Pearson, que mensura a associação linear entre variáveis contínuas, sendo este o valor que expressa o quanto a relação entre as variáveis pode ser descrita em uma reta (AKRITAS, 2016).

A seguir, foi realizada uma análise para agrupar os municípios em clusters razoavelmente homogêneos em termos das 4 variáveis citadas acima (Casos, Óbitos, Casos por 100 mil habitantes e Óbitos por 100 mil habitantes). A análise de agrupamentos, também conhecida por *clustering*, pode ser entendida como um conjunto de dados que contam com uma série de características, a partir da maior similaridade existente entre os dados de um mesmo conjunto que os de outro, com base em algum critério pré-determinado (LACHI; ROCHA, 2005).

De modo a agrupar os dados de acordo com a similaridade entre elas, o algoritmo usado foi o K-Means, o qual encontra e divide as instâncias em um número predefinido de clusters. O K-Means foi escolhido pelo fato de ter se ajustado melhor ao conjunto de dados, levando em consideração outros algoritmos de *Clustering*. Utilizando recursos de aprendizado não supervisionado através de técnicas de *Machine Learning*<sup>28</sup> e com a adoção do algoritmo K-Means foi calculado o WSS (*within-cluster sum of squares*) ou *Elbow Method*, ou ainda Método Cotovelo, que utiliza a soma dos quadrados para encontrar o número ideal de clusters (ZUMEL; MOUNT, 2014).

Mediante a *clusterização* foram aplicados os procedimentos realizados na Fase 1 para os dois clusters identificados com maior quantidade de óbitos, para

---

28 *Machine Learning* ou Aprendizado de Máquina trata-se de algoritmos matemáticos, estatísticos e computacionais que são capazes de realizar um processo de inferência por meio de aprendizado baseado em exemplos (Revista da Sociedade Brasileira de Computação, ed.01, 2019).

identificar a escolha de municípios prioritários objetivando maximizar a quantidade de vidas e anos salvos.

### 3.5 LIMITAÇÕES

Diante do último censo realizado no país ter sido em 2010, a estimativa populacional por faixas etárias e a interpolação a ser realizada para estimativa por idade poderá causar imprecisões, assim como, os dados apurados não distinguem os óbitos de pessoas com comorbidades dos óbitos gerais.

Este trabalho limita-se a analisar municípios do estado do Rio de Janeiro para quanto a estratégia de gestão de imunizantes do primeiro lote de vacinas distribuído em janeiro de 2021, tendo como parâmetro a eficácia da vacina CoronaVac. O desconhecimento da real eficácia contra morte da vacina Coronavac também poderá causar distorções nos resultados. As análises de cenários variando esse parâmetro crítico procurarão mitigar essa limitação.

Neste estudo, conforme já destacado anteriormente, foram ignoradas a faixa etária de 0 a 4 anos de idade, devido a não recomendação inicial da aplicação da vacina e devido à carência de dados complementares sobre estudos que ainda encontram-se em andamento caracterizando o benefício da vacina, frente à situação epidemiológica existente no momento (BRASIL, 2022), a faixa etária superior a 100 anos de idade, devido à baixa representatividade em números e foram ignoradas também as prioridades associadas às atividades profissionais e da população com comorbidades devido à dificuldade encontrada em mensurar os números em bases de dados públicos frente a uma variedade de doenças.

Ao comparar os anos de vida salvos por faixa etária, foi considerada apenas a quantidade de anos salvos, ignorando fatores relacionados à qualidade ou produtividade efetiva destes anos, que tendem a ser maiores conforme a faixa etária diminui.

Por fim, para análise da priorização vacinal nos municípios do Rio de Janeiro, foram desconsiderados os dados de 25 municípios do estado do Rio de Janeiro por possuírem população inferior a 20 mil habitantes, o que potencialmente distorceria a letalidade por 100 mil habitantes.



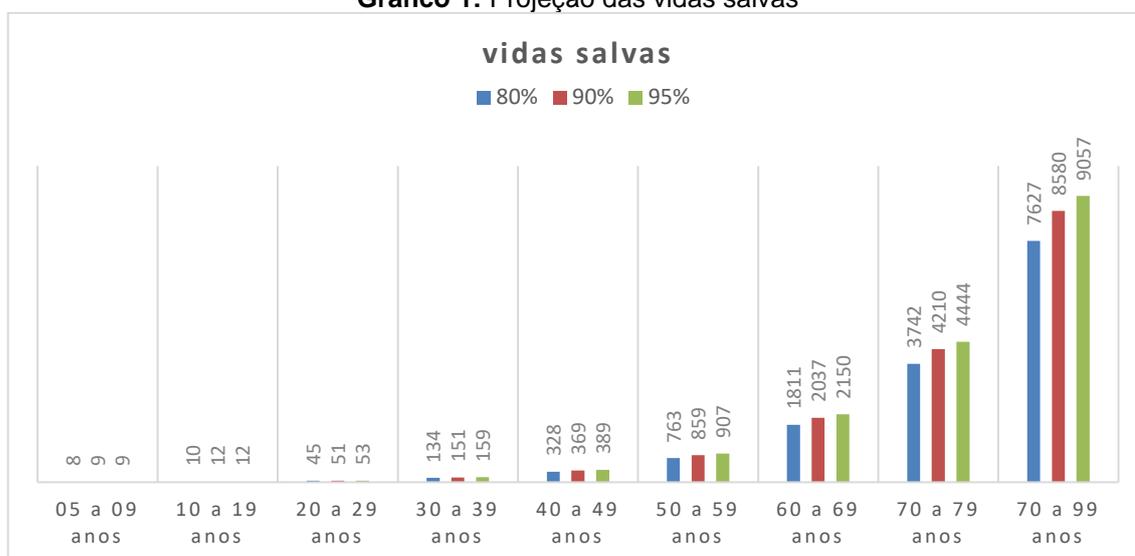
## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 FASE 1 – PRIORIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DA VACINA POR FAIXA ETÁRIA, LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A QUANTIDADE DE ANOS SALVOS E DE VIDAS SALVAS

Em um contexto de escassez de recursos, a distribuição de imunizantes impacta diretamente na taxa de mortalidade e na expectativa de vida da população. A decisão quanto à prioridade na vacinação durante uma pandemia tem uma enorme relevância para toda uma sociedade e precisa ser objeto de estudo para que os resultados possam ser otimizados diante de diferentes variáveis.

O gráfico 1 apresenta os resultados obtidos de projeção de vidas salvas caso as doses fossem aplicadas exclusivamente em cada faixa etária, considerando a eficácia (uniforme) da vacina de 80%, 90% e 95%, respectivamente.

**Gráfico 1:** Projeção das vidas salvas

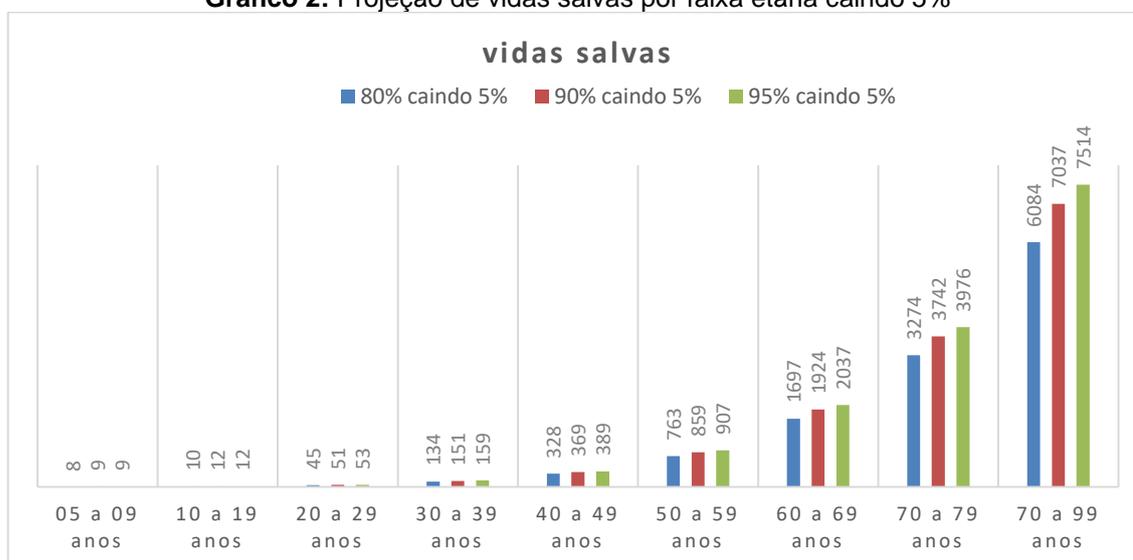


Fonte: do autor.

Nesta perspectiva, é possível verificar que, ao concentrar a aplicação de vacinas disponíveis na população mais idosa, obtém-se maior quantidade de vidas salvas, independente da eficácia da vacina. Para a faixa etária de 70 a 99 anos, estima-se que a quantidade de vidas salvas supera as das demais faixas etárias consideradas neste estudo somadas.

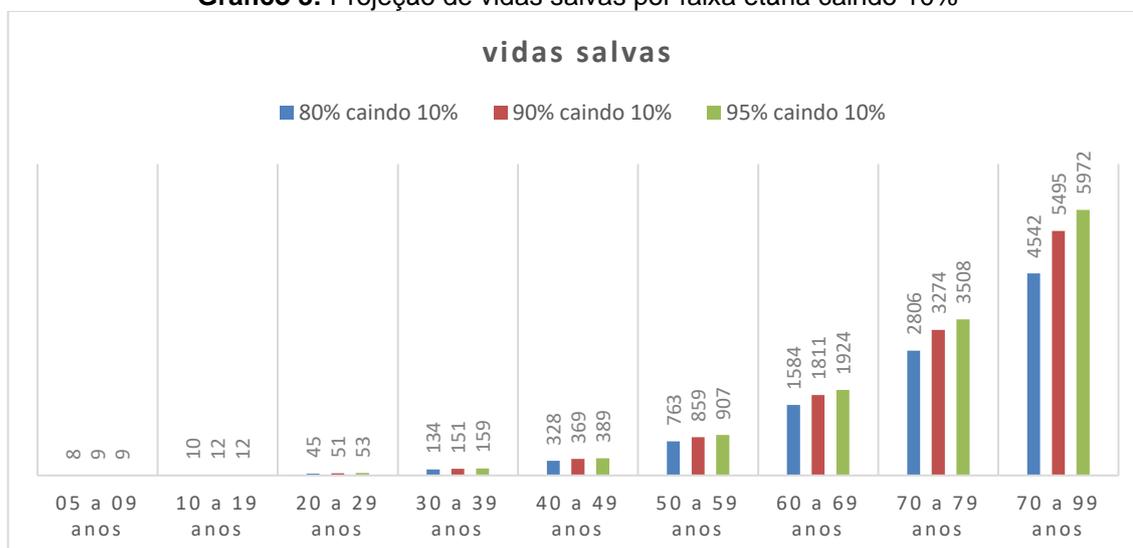
Os gráficos 2 e 3 mostram os resultados alcançados da projeção de vidas salvas por faixa etária, considerando a eficácia da vacina de 80%, 90% e 95% com decréscimos de 5% e 10%, respectivamente, a partir da faixa etária de 60 a 69 anos.

**Gráfico 2:** Projeção de vidas salvas por faixa etária caindo 5%



Fonte: do autor.

**Gráfico 3:** Projeção de vidas salvas por faixa etária caindo 10%



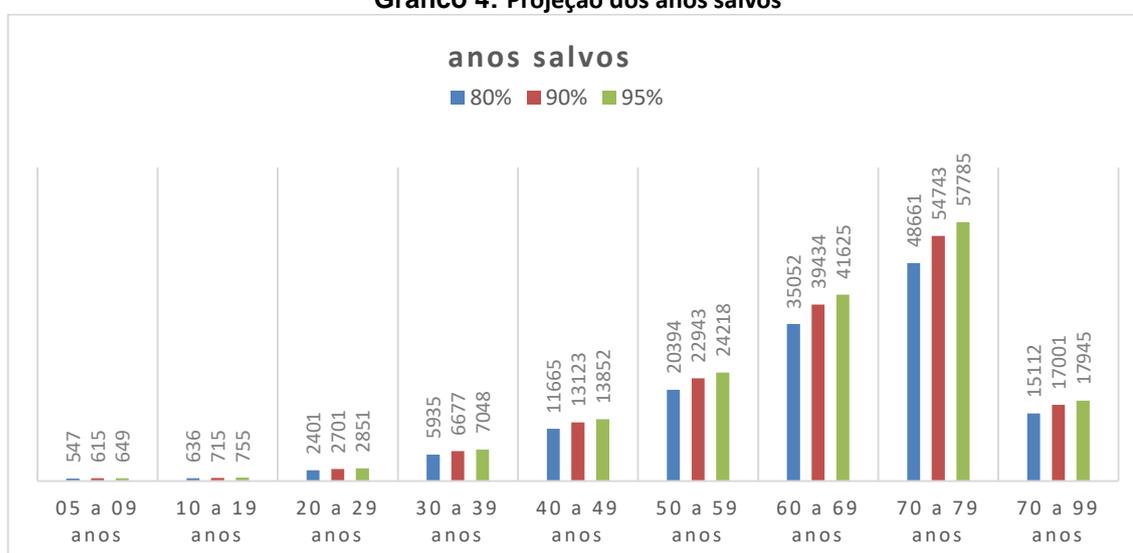
Fonte: do autor.

Semelhantemente a estimativa anterior, é possível constatar que priorizando a oferta de vacinas nas faixas etárias acima de 70 anos, alcança-se melhor resultado em relação à quantidade de vidas salvas, mesmo levando em conta perda de eficácia vacinal de 5% e 10%.

Apesar dos números serem mais expressivos nas últimas faixas etárias, percebe-se uma redução nessa prevalência no cenário com redução de 5% na eficácia e ainda mais no cenário de redução de 10%. Percebe-se que, ao considerar esse critério, se priorizaria a aplicação de vacinas nas últimas faixas em decorrência do alto percentual de óbitos observados nos casos de covid-19. De forma geral, haveria redução significativa de letalidade entre os mais idosos.

Já considerando o critério de anos salvos, o gráfico 4 expõe os resultados obtidos considerando, inicialmente, a eficácia (uniforme) da vacina de 80%, 90% e 95%.

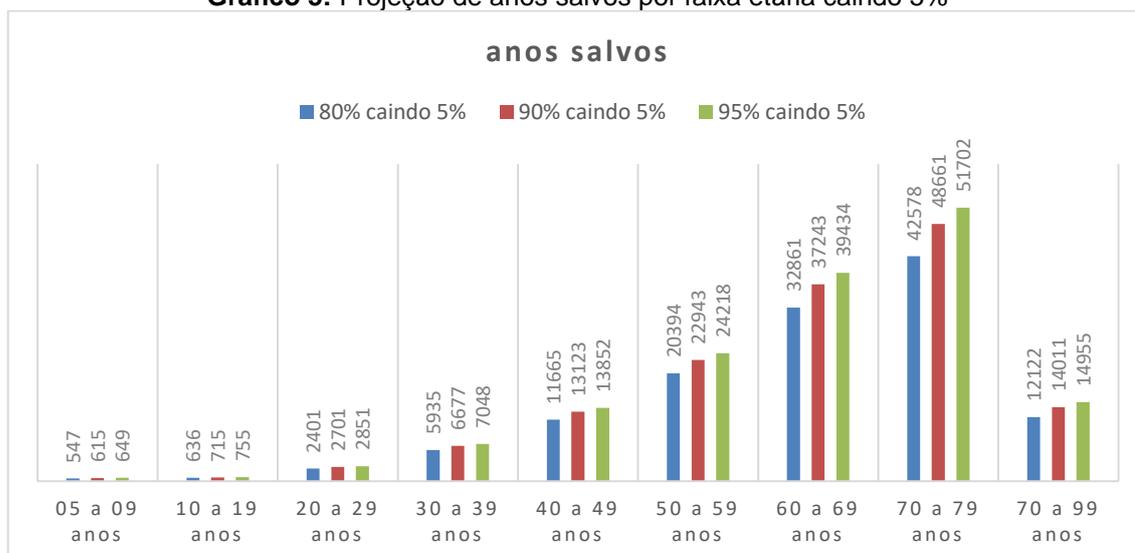
**Gráfico 4: Projeção dos anos salvos**



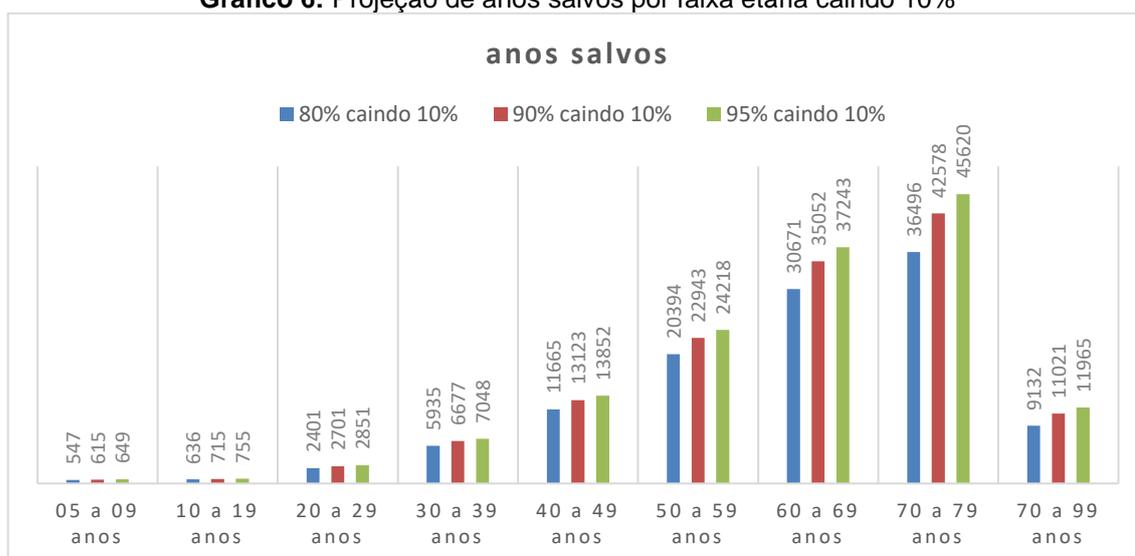
Fonte: do autor.

Nesta projeção, percebe-se que a faixa populacional de 70 a 79 anos é a que apresenta resultado superior em relação às demais faixas etárias.

Os gráficos 5 e 6 demonstram os achados da projeção de anos salvos por faixa etária, considerando a eficácia da vacina de 80%, 90% e 95% com decréscimos de 5% e 10% a partir da faixa etária de 60 a 69 anos.

**Gráfico 5: Projeção de anos salvos por faixa etária caindo 5%**

Fonte: do autor.

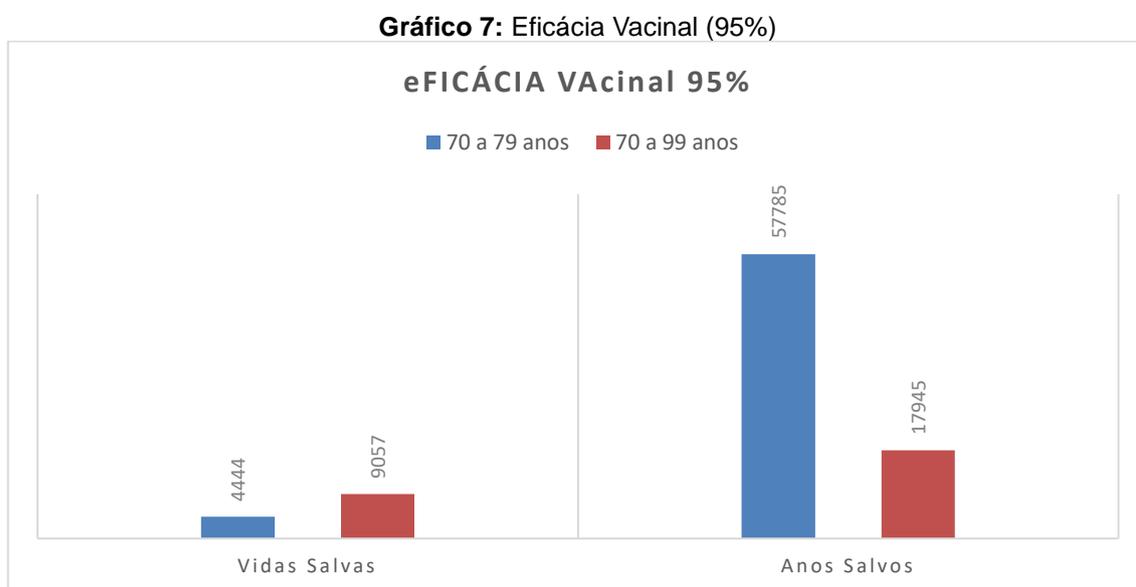
**Gráfico 6: Projeção de anos salvos por faixa etária caindo 10%**

Fonte: do autor.

Os gráficos acima corroboram que, levando esse critério de desempenho, a priorização da oferta vacinal ocorre em decorrência não somente da letalidade da doença, como também da expectativa de vida da população fluminense. Com isso, a faixa etária de 70 a 79 anos seria priorizada com a quantidade de vacinas disponibilizadas ao Estado. Novamente, no entanto, percebeu-se uma redução dessa prevalência à medida que consideramos a redução da eficácia da vacina.

Em vista desta redução da clareza de decisão à medida que a eficácia cai e, para considerar ambos os critérios de desempenho – vidas e anos salvos – simultaneamente, foram elaborados os dois gráficos a seguir.

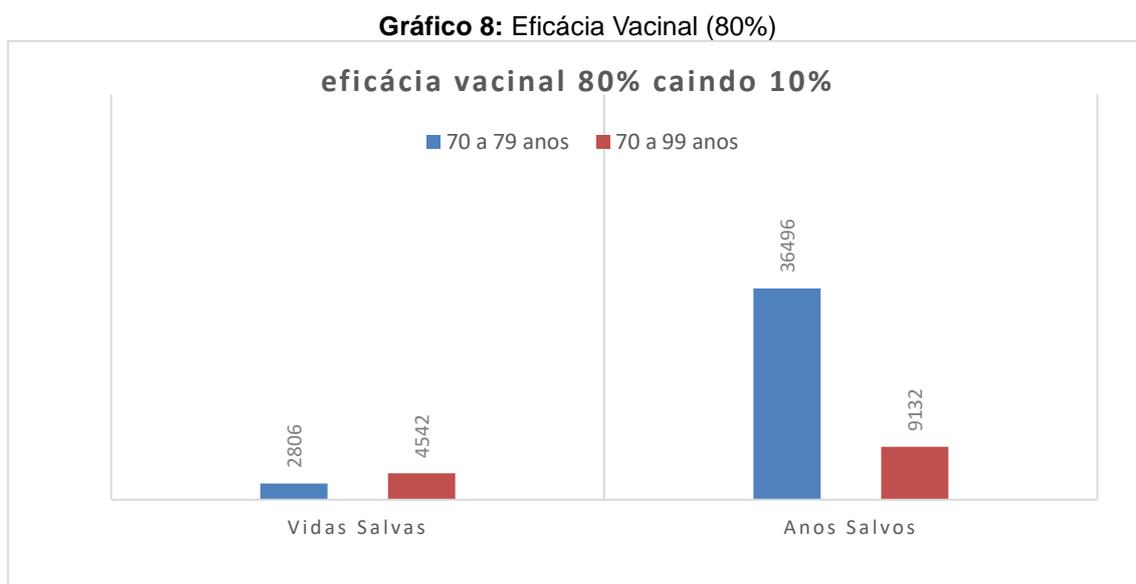
O gráfico 7 considera o cenário mais otimista em termos da eficácia da vacina (95%, uniforme) e apresenta, para fins de parcimônia, apenas as duas faixas etárias que se mostraram candidatas a serem escolhidas – 70 a 79 anos e 70 a 99 anos.



Fonte: do autor.

Nesse cenário, priorizar as últimas faixas significa salvar mais que o dobro de vidas ao “custo” de salvar apenas 30% dos anos.

O gráfico 8 considera o cenário mais pessimista em termos da eficácia da vacina (começando em 80% e caindo 10% a cada faixa, a partir dos 60 anos).



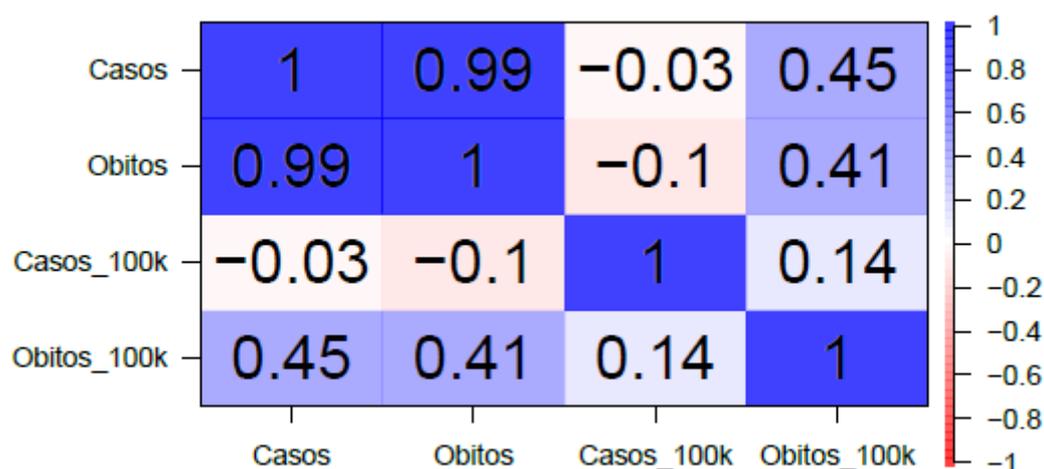
Fonte: do autor.

Já nesse cenário, priorizar as últimas faixas significa salvar cerca de 60% a mais do número de vidas se comparado à faixa de 70 a 79 anos, com o custo de salvar em torno de um quarto da expectativa de anos de vida dessa.

#### 4.2 FASE 2 – PRIORIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DA VACINA POR GRUPOS DE MUNICÍPIOS PARA MAXIMIZAR A QUANTIDADE DE VIDAS E ANOS SALVOS

Diante da definição das variáveis elencadas no capítulo 3.4 do Tratamento dos Dados - Fase 02, foi gerada a matriz de Correlação de Pearson, com o intuito de delinear as informações e ratificar a conexão dos fatores para uma investigação mais robusta, incluindo a decisão de medição da conexão, conforme figura 12 a seguir.

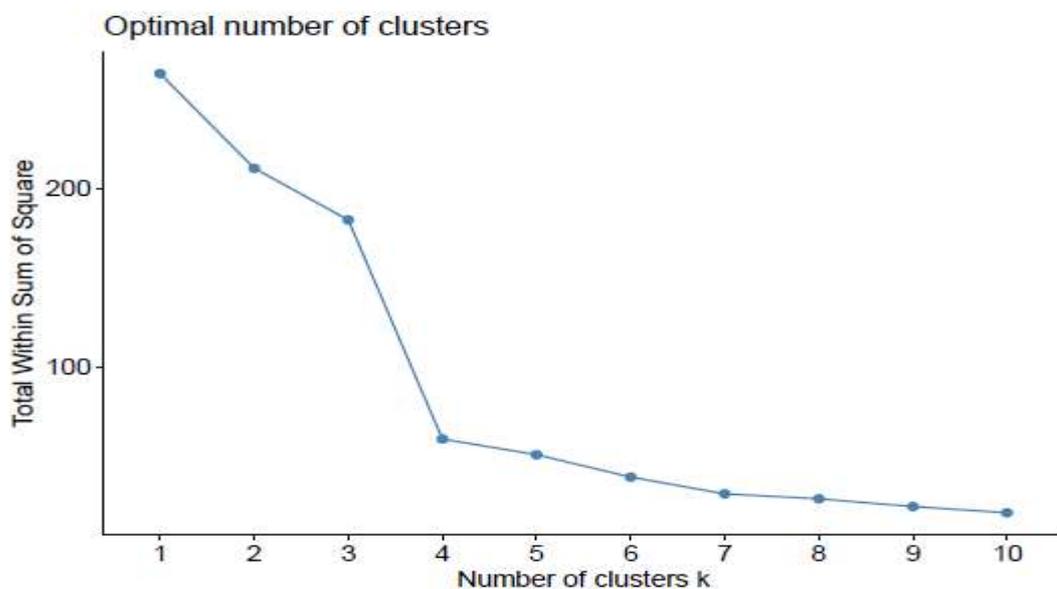
**Figura 12:** Matriz de Correlação de Pearson



Fonte: do autor.

Logo podemos observar a partir da figura 12 de Correlação de Pearson que os campos de Casos e Óbitos são fortemente relacionados, que Casos e Óbitos por 100K possuem correlação positiva, e que Casos por 100K não se correlacionam com Casos e nem com Óbitos, apresentando uma baixa interdependência com Óbitos por 100K.

Após identificada que cada um dos fatores se correlaciona uns com os outros foi adotado o uso do algoritmo K-Means para o cálculo do Método Cotovelo, cuja finalidade foi a de identificar o número ideal de clusters para os municípios do estado do Rio de Janeiro.

**Gráfico 9:** Método Cotovelo

Fonte: do autor.

A partir da análise do gráfico podemos observar que o  $k=4$  indica o equilíbrio entre maior homogeneidade dentro do cluster e a maior diferença entre clusters, sendo o ponto da curva mais distante de uma reta traçada entre o primeiro e o último ponto.

Nesta pesquisa foi executado o K-means com 4 clusters e obtidos os centroides (média das instâncias de cada cluster), conforme figura 13 dos Centroides detalhada abaixo.

**Figura 13:**Centroides

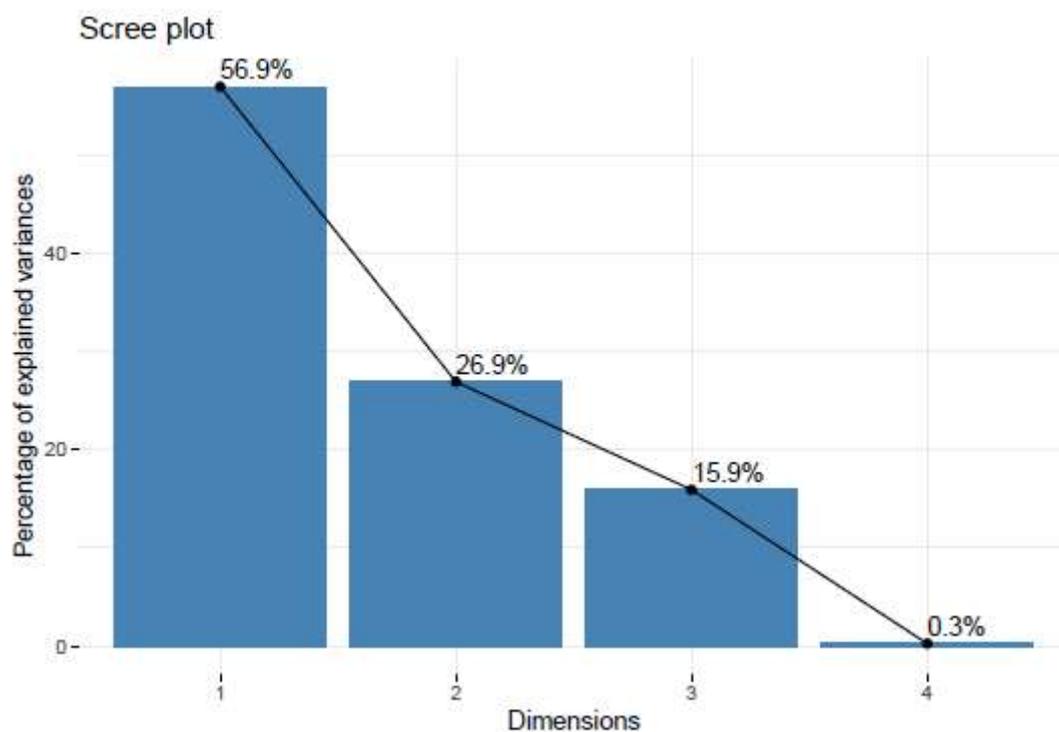
##	cluster	Casos	Obitos	Casos_100k	Obitos_100k
## 1	1	-0.13597538	-0.09885335	-0.8146854	-0.3384693
## 2	2	7.75495568	7.97934525	-0.6433849	2.9637284
## 3	3	-0.11115640	-0.18591433	1.4481008	-1.3449022
## 4	4	-0.09632703	-0.13339625	0.6977555	0.6027841

Fonte: do autor.

Em seguida, foi realizada a análise de componente principal (PCA) para que fosse possível mapear um espaço vetorial para outro, onde a maior parte das informações estaria na primeira coordenada, e a segunda maior na segunda coordenada e assim sucessivamente (MAILUND, 2022). Deste modo, é possível representar o *dataset* de 4 dimensões em formato bidimensional compreendendo as coordenadas de maior significância. O gráfico bidimensional resultado da PCA foi

capaz de explicar 83,8% da variância distribuída conforme demonstrado no gráfico 10 de percentual da variância a seguir.

**Gráfico 10:** Percentual da variância explicada nos componentes principais (PCA)



Fonte: do autor.

Considerando as análises suficientes para justificar a escolha da quantidade de clusters com o uso do K-means, foi realizada a clusterização com os seguintes agrupamentos:

**Tabela 11:** Clusters

Cluster 01	Cluster 02	Cluster 03	Cluster 04
São Gonçalo	Rio de Janeiro	Macaé	Niterói
Duque de Caxias		Itaperuna	Petrópolis
Nova Iguaçu		Búzios	Volta Redonda
Belford Roxo		Cordeiro	Angra dos Reis
Campos dos Goytacazes		Silva Jardim	Nova Friburgo
São Joao de Meriti		Cantagalo	Teresópolis
Magé			Barra Mansa
Itaboraí			Maricá
Cabo Frio			Itaguaí

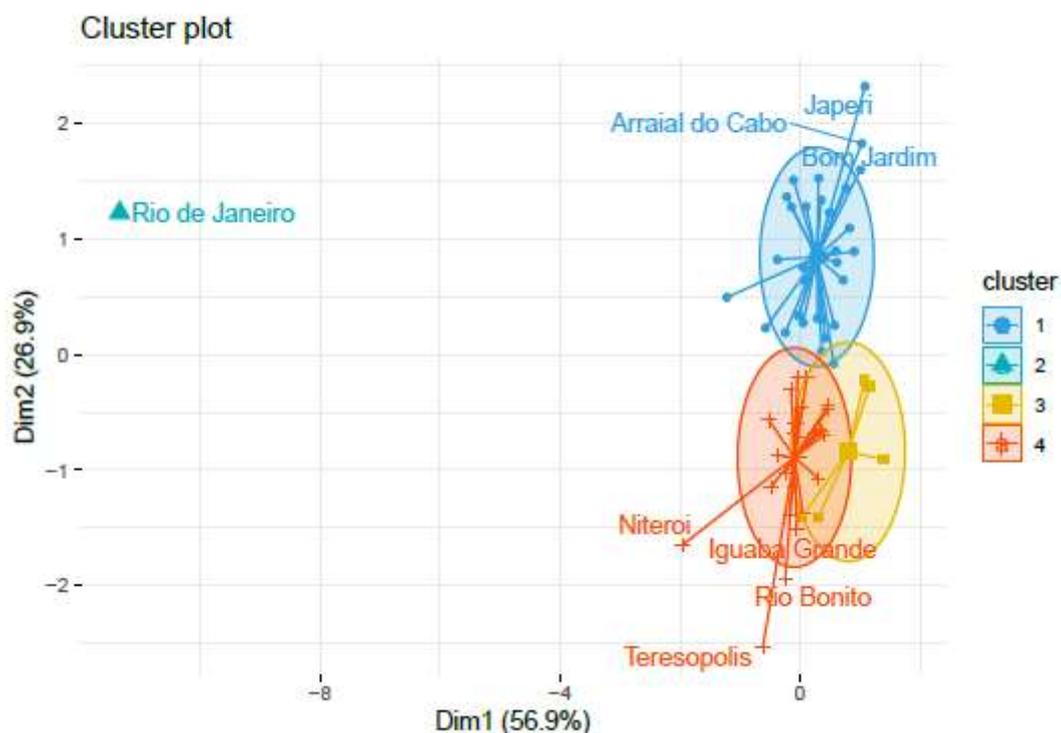
Mesquita	Resende
Nilópolis	Três Rios
Rio das Ostras	Guapimirim
Queimados	Rio Bonito
Araruama	Casimiro de Abreu
São Pedro da Aldeia	Paraíba do Sul
Japeri	Santo Antônio de Pádua
Barra do Pirai	São João da Barra
Saquarema	Tanguá
Seropédica	Pirai
Valença	Iguaba Grande
Cachoeiras de Macacu	Miracema
Paracambi	Pinheiral
Mangaratiba	Quissamã
Paraty	Conceição de Macabu
São Francisco de Itabapoana	Itaocara
São Fidelis	São Jose do Vale do Rio Preto
Bom Jesus do Itabapoana	Porto Real
Vassouras	
Itatiaia	
Arraial do Cabo	
Paty do Alferes	
Bom Jardim	
Miguel Pereira	

---

Fonte: do autor.

É importante ainda verificar a proximidade dos municípios calculados na tabela 11 de clusters de forma visual. Os agrupamentos são baseados em noções de semelhança e similaridade de modo que os pontos de um aglomerado estão mais próximos do seu centroide que eles estão para o centroide de outro cluster. Os resultados foram obtidos conforme gráfico 11:

Gráfico 11:Gráfico de Cluster

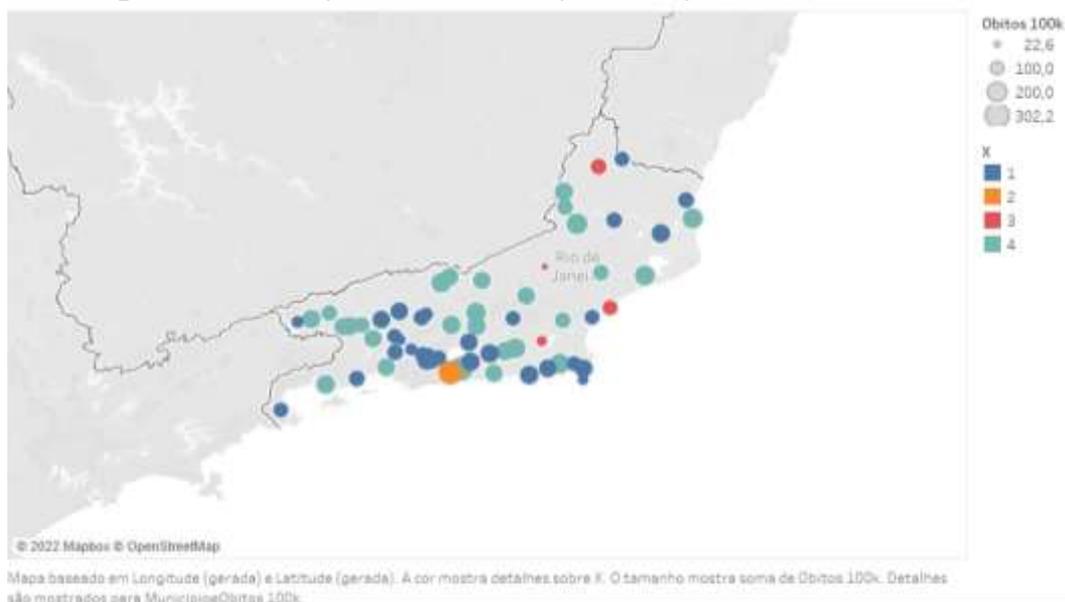


Fonte: do autor.

Com a finalidade de plotar os dados dos clusters com uma visão espacial no estado do Rio de Janeiro, foi gerado mapa através do *Tableau Desktop*<sup>29</sup> que é uma ferramenta para criação, edição e tratamento de dados, o qual pode ser obtido respostas com mais rapidez e descobrir informações imprevistas (TABLEAU, 2018). O processo de transformação de dados analíticos em dados visuais torna possível a compreensão e interpretação destes dados por agentes humanos (Andrade et al., 2017), o que auxilia na tomada de decisões importantes (LEA et al., 2018)

<sup>29</sup>Tableau Public: ferramenta gratuita para criação, edição e visualização de dados. Disponível em: <http://www.tableausoftware.com/public>.

**Figura 14:** Visão Espacial dos Clusters por município do estado do Rio de Janeiro



Fonte: do autor.

Diante dos dados apresentados, foram selecionados os clusters 2 e 4 para a realização das simulações por apresentarem os piores indicadores de mortalidade.

#### 4.2.1 Análise do Cluster 2 – Município do Rio de Janeiro

Considerando que as 488.320 doses da vacina seriam disponibilizadas exclusivamente para o município do Rio de Janeiro, foram realizadas as mesmas simulações aplicadas na primeira fase quando da distribuição para o Estado.

Como o número de vacinas extrapolava a população de uma única faixa etária, foram considerados cenários onde estas seriam aplicadas em uma faixa etária e o excedente passaria prioritariamente para a faixa etária seguinte, e caso não houvesse faixa etária posterior seria distribuído para a faixa etária abaixo, sempre de forma sucessiva, conforme algoritmo e fluxograma exemplificativo a seguir:

Algoritmo Vacina

Vacina=488320

InícioRepita

Aplicar vacina na faixa

Se sobrar vacina entãoSe houver faixa acima

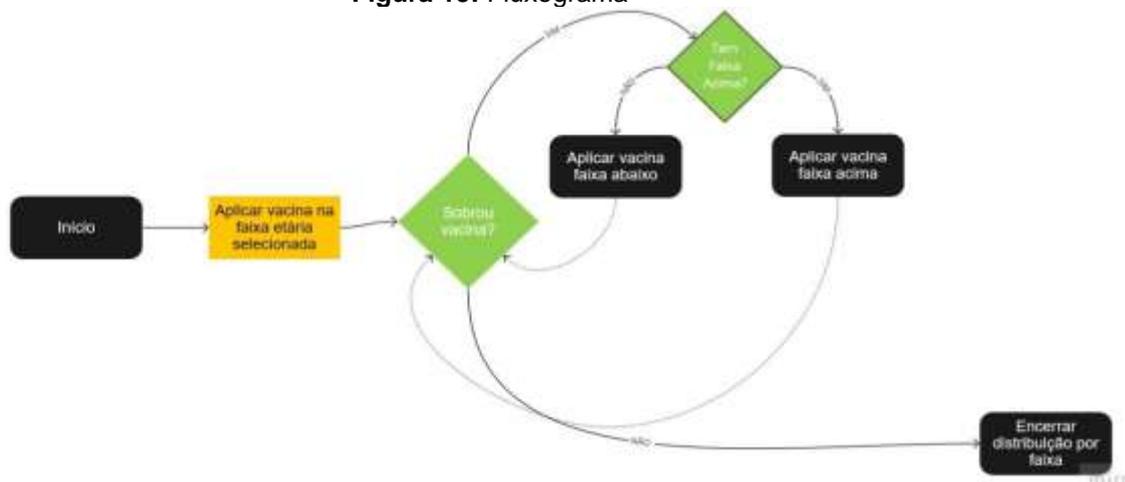
Subir uma faixa

Senão

Descer até faixa não vacinada

Fim-seFim-seAté vacina=0Fim.

Figura 15: Fluxograma



Fonte: do autor.

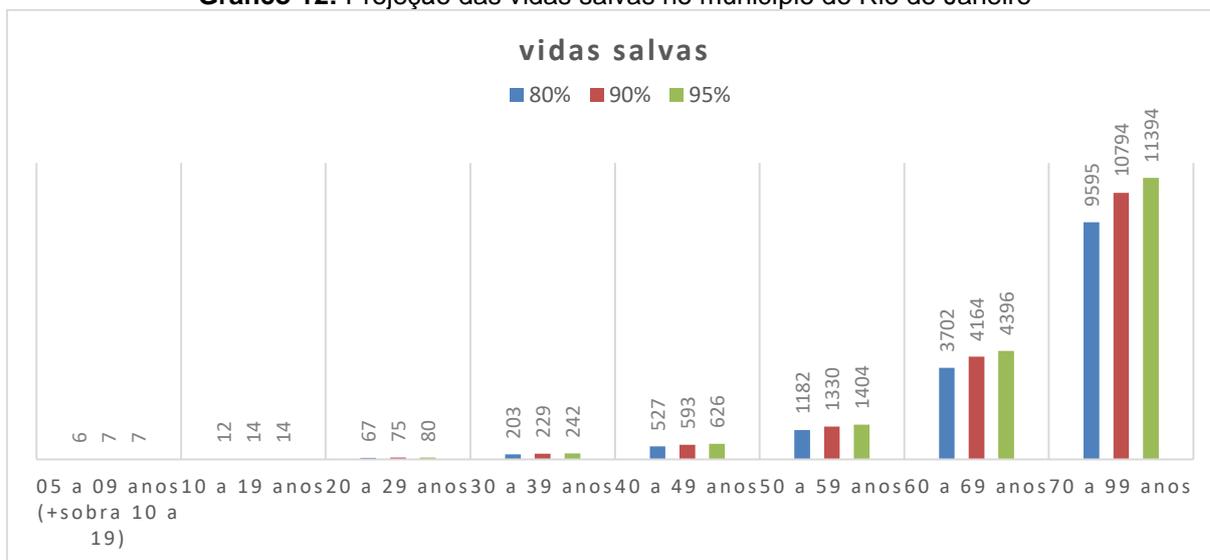
Desse modo, os melhores resultados ocorreram com a seguinte distribuição.

**Tabela 12:** Resultado da Distribuição por faixa Etária no Município do Rio de Janeiro

Faixa etária	Vacinas aplicadas
60 a 69 anos	34.144
70 a 79 anos	302.801
80 a 89 anos	131.637
90 anos e mais	19.738

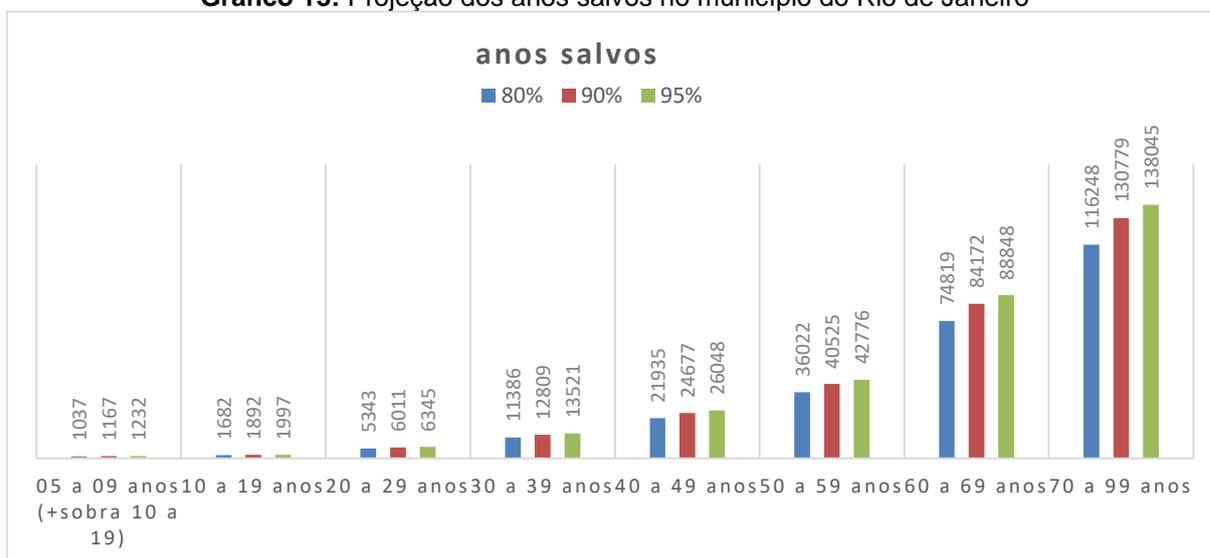
Fonte: do autor.

Os resultados foram equivalentes quanto à priorização das faixas etárias das pessoas mais idosas para manutenção da maior quantidade de vidas, levando em consideração a eficácia (uniforme) da vacina de 80%, 90% e 95%, respectivamente, conforme gráfico a seguir:

**Gráfico 12:** Projeção das vidas salvas no município do Rio de Janeiro

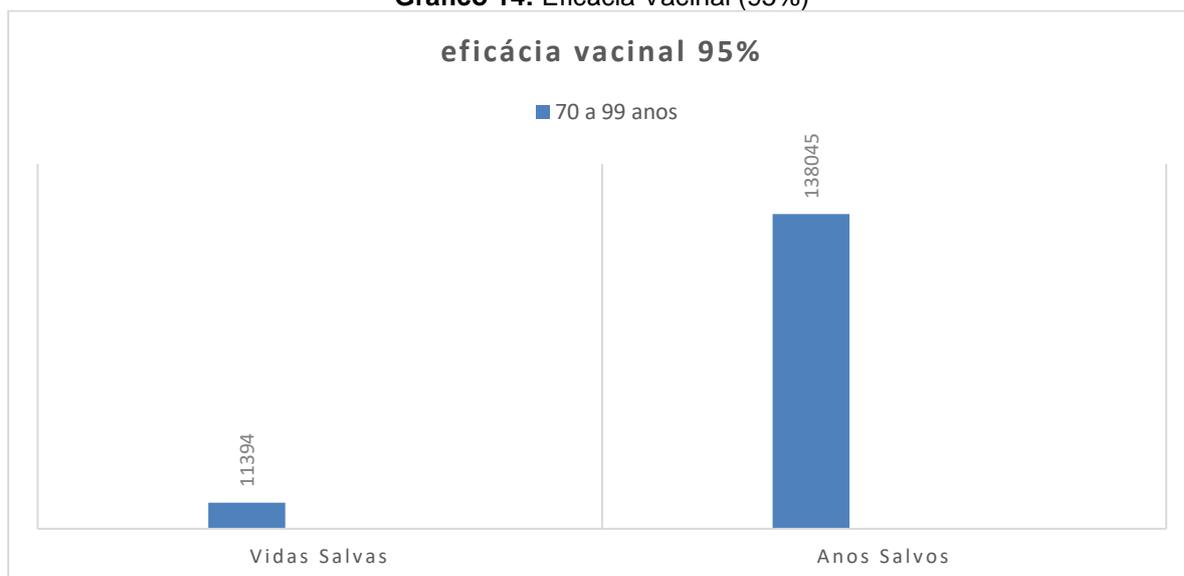
Fonte: do autor.

Como a distribuição no município contemplou mais de uma faixa etária, houve uma comunhão de resultados mais benéficos tanto para quantidade de vidas salvas como para quantidade de anos salvos, nos diferentes cenários.

**Gráfico 13:** Projeção dos anos salvos no município do Rio de Janeiro

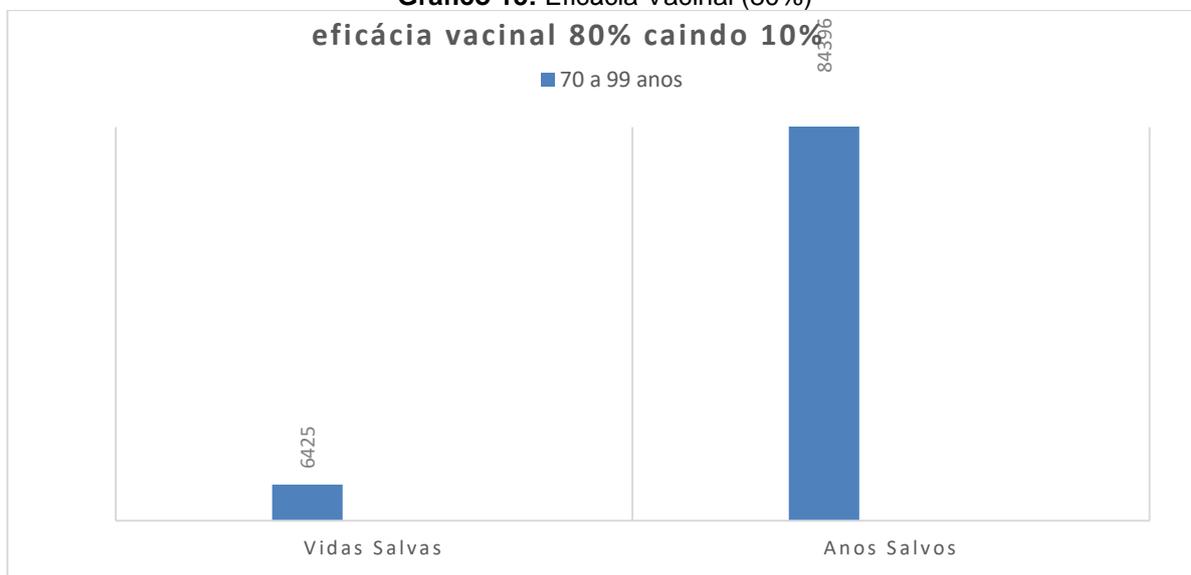
Fonte: do autor.

Para o cenário mais otimista, considerando eficácia vacinal de 95%, os resultados foram os que constam do Gráfico 14 a seguir.

**Gráfico 14: Eficácia Vacinal (95%)**

Fonte: do autor.

Para o cenário mais pessimista, considerando eficácia vacinal de 80% com decréscimo de 10% a cada faixa etária posterior a 60 anos, os resultados foram os que constam do Gráfico 15 a seguir.

**Gráfico 15: Eficácia Vacinal (80%)**

Fonte: do autor.

#### 4.2.2 Análise do Cluster 4 – 27 municípios do Rio de Janeiro

Considerando que as 488.320 doses da vacina seriam disponibilizadas para os 27 municípios do cluster 4, foram realizadas as mesmas simulações aplicadas na primeira fase quando da distribuição para o Estado.

Como o número de doses também extrapolava a população de uma única faixa etária foram considerados os mesmos critérios aplicados no cluster 2 e obtidos os melhores resultados com as seguintes distribuições:

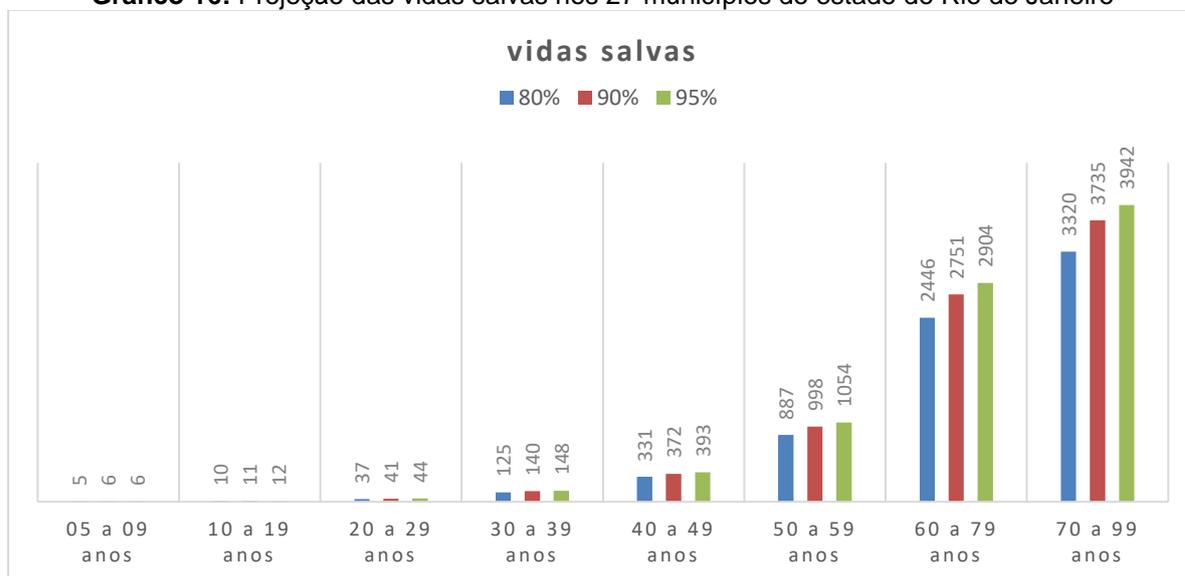
**Tabela 13:** Resultado da Distribuição por faixa Etária nos 27 municípios

<b>Faixa etária</b>	<b>Vacinas aplicadas</b>
60 a 69 anos	256.107
70 a 79 anos	169.080
80 a 89 anos	56.396
90 anos e mais	6.737

Fonte: do autor.

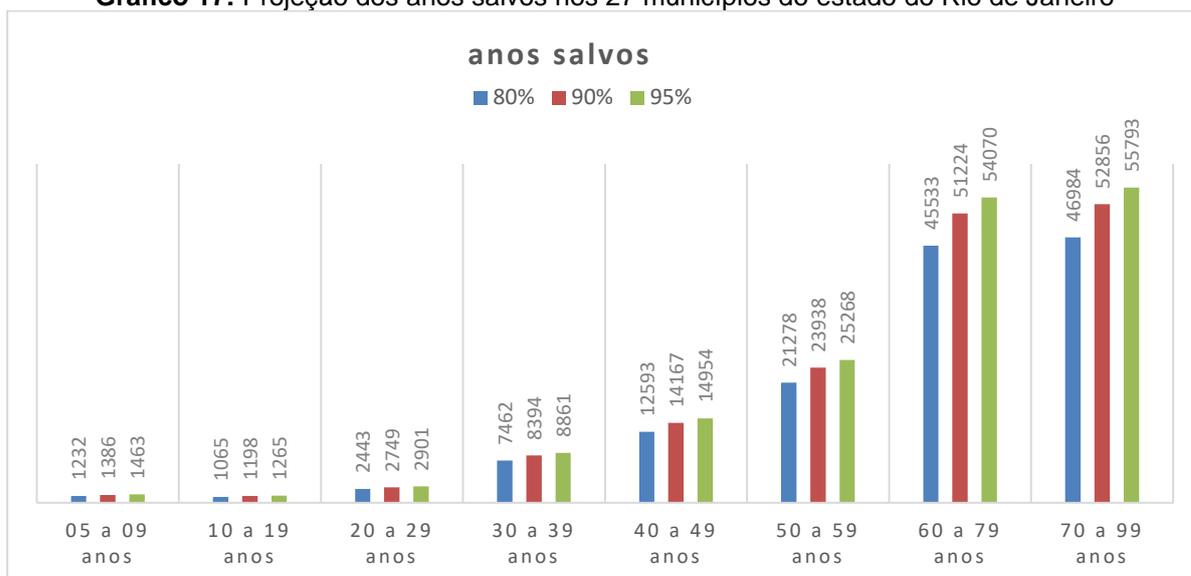
Neste cluster, foi possível identificar um quantitativo de número de idosos com mais de 90 anos, 34% menor que o número de idosos do cluster 2. Essa quantidade menor de idosos nas faixas etárias mais elevadas fez com que a distribuição das vacinas alcançasse um número 7 vezes maior de pessoas na faixa de 60 a 69 anos. No entanto, os resultados de vidas salvas e anos salvos se apresentaram menos expressivos.

**Gráfico 16:** Projeção das vidas salvas nos 27 municípios do estado do Rio de Janeiro



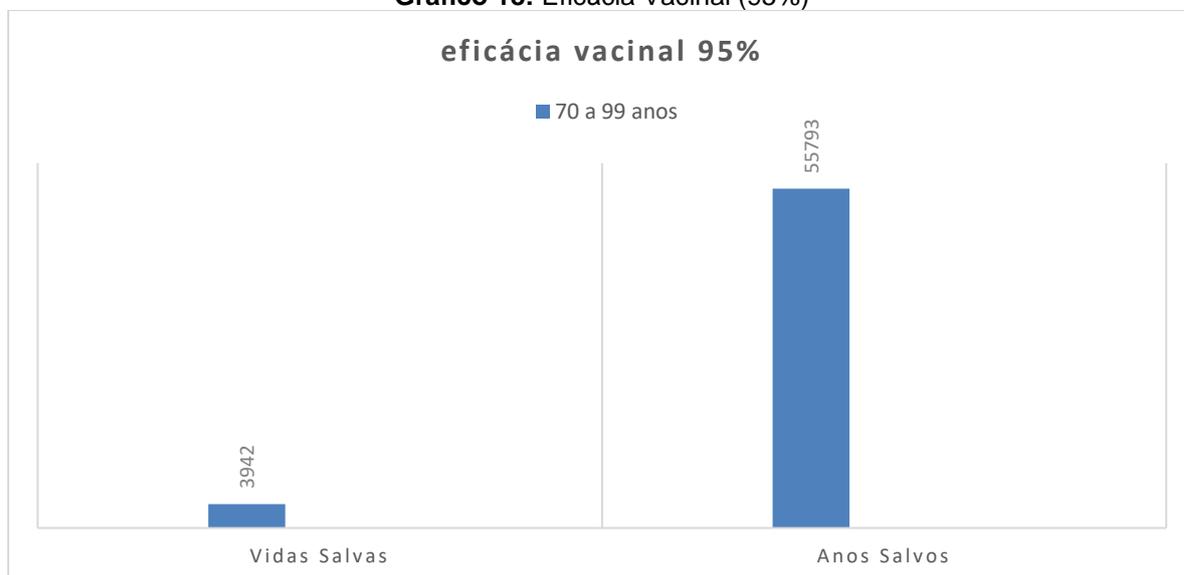
Fonte: do autor.

O resultado obtido se comparado com a distribuição das vacinas no cluster 2 corresponde a aproximadamente 1/3 da quantidade de vidas salvas.

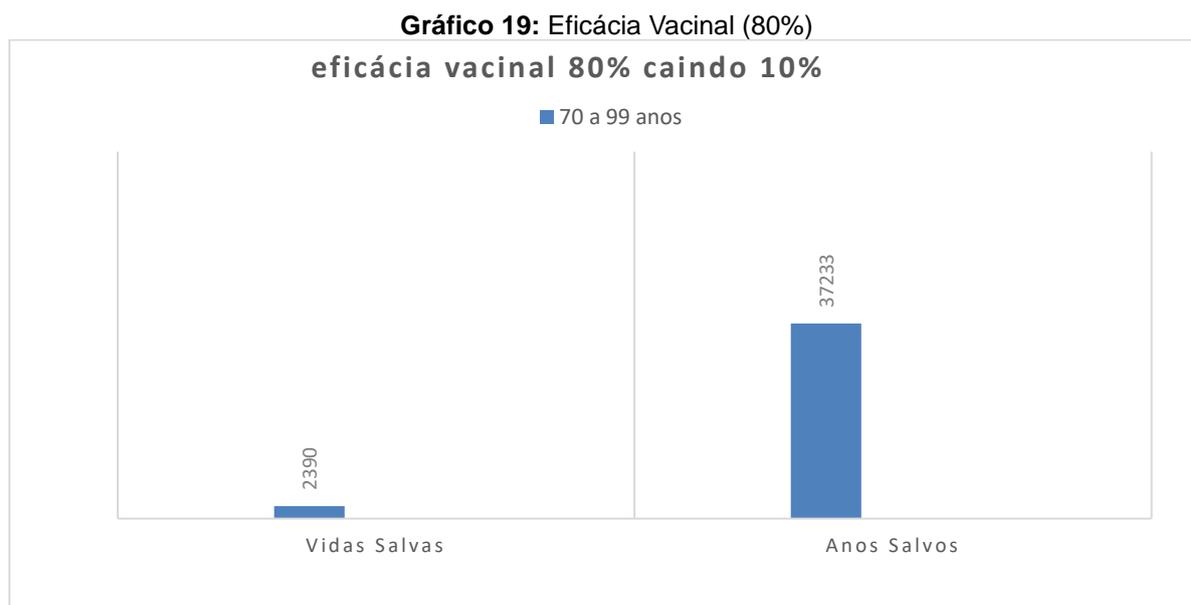
**Gráfico 17:** Projeção dos anos salvos nos 27 municípios do estado do Rio de Janeiro

Fonte: do autor.

A quantidade de anos salvos também é inferior à metade da quantidade em cenário equivalente para o cluster 2 nos cenários otimista e pessimista, conforme Gráficos 18 e 19 a seguir, respectivamente.

**Gráfico 18:** Eficácia Vacinal (95%)

Fonte: do autor.



Fonte: do autor.

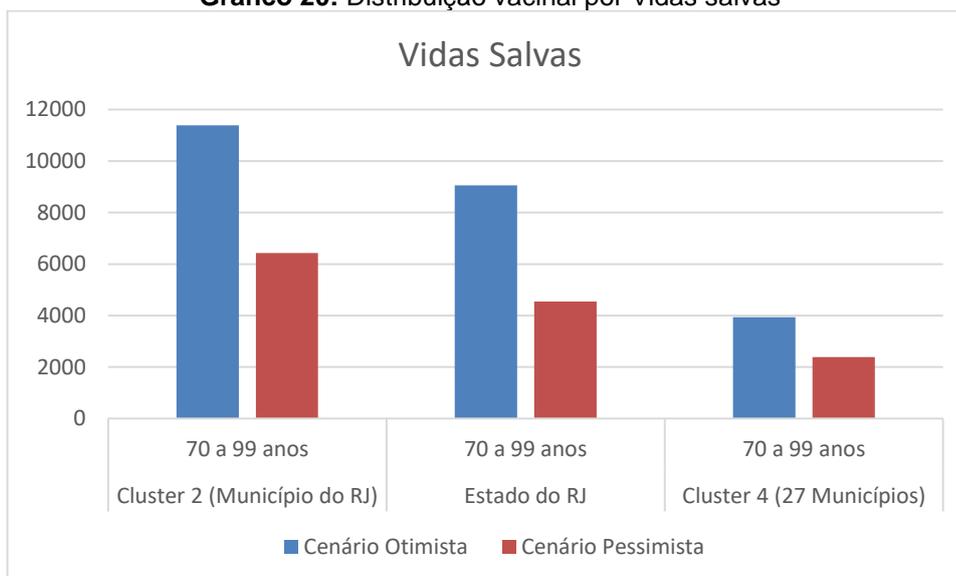
#### 4.3 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS DAS FASES 1 COM A FASE 2

Diante dos resultados estimados para a distribuição da vacina no Estado do RJ considerando o cenário mais benéfico frente a quantidade de vidas salvas e de acordo com o recomendado pelo Ministério da Saúde com a distribuição das vacinas por faixa etária decrescente, podemos observar:

**Tabela 14: Resultado da Distribuição**

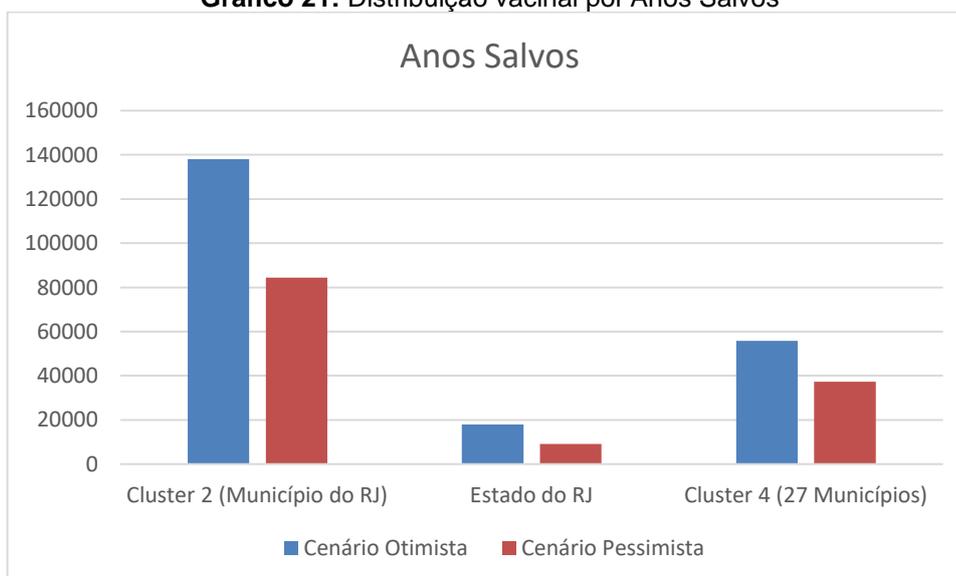
	Faixa Etária	Vidas Salvas		Anos Salvos	
		Cenário Otimista	Cenário Pessimista	Cenário Otimista	Cenário Pessimista
Cluster 2 (Município do RJ)	70 a 99 anos	11394	6425	138045	84396
Estado do RJ	80 a 99 anos	9057	4542	17945	9132
Cluster 4 (27 Municípios)	70 a 99 anos	3942	2390	55793	37233

Fonte: do autor.

**Gráfico 20:** Distribuição vacinal por Vidas salvas

Fonte: do autor.

Os resultados demonstram que caso as vacinas fossem concentradas no município do Rio de Janeiro apresentariam uma estimativa de acréscimo de 25,80% no número de vidas salvas comparado com o procedimento adotado de vacinação uniforme pelo Estado como um todo.

**Gráfico 21:** Distribuição vacinal por Anos Salvos

Fonte: do autor.

Comparando o estudo de anos salvos, os números são 769,24% maiores, ou seja, distribuindo os imunizantes priorizando o município do Rio de Janeiro em detrimento aos demais seriam salvos mais de 7 vezes o número de anos se

comparado à distribuição das vacinas em todo o estado. Matematicamente, o fato se dá pelo maior alcance das vacinas na faixa etária de 70 a 79 anos que comprovadamente apresentou melhores resultados para este parâmetro na fase 1 do trabalho.

## 5 CONCLUSÃO

A covid-19 é uma doença viral de rápida e fácil transmissão. Já é sabido, através dos informes do Ministério da Saúde, que sua transmissão pode ocorrer entre indivíduos ou indiretamente através do contato com superfícies e objetos contaminados, aspectos que a fazem ter crescimento significativo em todas as regiões do mundo, se não cuidados. A pandemia da covid-19 já se caracteriza como o maior desafio para saúde pública neste século, devido as elevadas taxas de sequelas deixadas pela doença, além dos inúmeros óbitos em todo o país e no mundo. Assim, medidas rápidas, conscientes e eficazes devem ser tomadas para mitigar os riscos à população.

Foi possível durante o ano de 2020 uma atenção especial quanto ao desenvolvimento de estudos científicos com candidatos a vacinas contra o novo coronavírus. Estudos demonstram que as vacinas indicam potencial imunizante, principalmente na prevenção do agravamento de quadros clínicos, que lotavam fortemente as UTI's do sistema de saúde. Ainda não há garantia e não foram identificados estudos de que qualquer um dos imunizantes disponíveis e aprovados pela ANVISA funcionará gerando uma resposta 100% de eficiência e segurança.

Nesse contexto, cabe destacar que a ANVISA aprovou o uso emergencial da CoronaVac no Brasil, porém com doses insuficientes para a população geral à curto prazo fazendo-se necessário o uso de medidas individuais e coletivas de prevenção (LEUNG; LAM; CHENG, 2020).

Ademais, embora o Rio de Janeiro seja o menor estado da região Sudeste territorialmente falando, é o terceiro Estado mais populoso do Brasil e o segundo mais importante economicamente do país, apresentando a maior densidade demográfica da região. Foi considerado o estado com maior letalidade do país, conforme descrito na seção 1.3 que versa sobre a justificativa e relevância desta pesquisa, apresentando mortalidade pela covid de 427,9 pessoas para cada 100.000 habitantes. Na seção 2.2.1 que trata da epidemiologia do sars-cov-2 no Rio de Janeiro, aborda que o isolamento social foi adotado de maneira parcial pela população, cujo índice revela que apenas 47,7% da população do Estado do Rio de

Janeiro estava respeitando a recomendação (CENPE/MPRJ, 2020) e apenas 2,9%<sup>30</sup> da população estavam sendo beneficiados inicialmente pelo primeiro lote de imunizante.

Esta pesquisa teve como propósito subsidiar aos leitores com informações coletadas pelos principais sítios de observatórios epidemiológicos do estado do Rio de Janeiro no início da pandemia de covid-19 e investigar os problemas encontrados pela administração pública quanto à distribuição de imunizantes, vistos na seção 3.2 da coleta de dados, visando assim, discorrer por possíveis alternativas estratégicas para o enfrentamento da doença e propor cenários para reflexão e apoio à tomada de decisão no Estado do Rio de Janeiro, ponderando a indicação da(s) melhor(es) faixas etárias e/ou dos municípios que possivelmente poderiam ser priorizados quanto à oferta inicial do primeiro lote de vacinas no referido estado.

A proposta desta pesquisa tem grande relevância para a sociedade e o meio acadêmico, tendo em vista os grandes impactos socioeconômicos, na indisponibilidade de empregos aumentados pelo isolamento social, possibilitando interferir até no impacto da expectativa de vida. Na seção 2.4 foram dispostas as ações que foram adotadas pelos gestores públicos brasileiros para a distribuição equitativa das vacinas do primeiro lote, momento em que havia a maior escassez de imunizantes.

É fato que hoje não é possível mudar a priorização do primeiro lote, pois esta já ocorreu, mas, baseados nos dados históricos e com a metodologia aplicada nesta pesquisa é possível contribuir com os gestores e cientistas quanto a uma reflexão para a tomada de decisão em futuras situações de escassez de imunizantes (nesta ou em outras pandemias), de acordo com fatores que considerarem importantes. Foi abordado neste trabalho, a priorização por quantidade de vidas salvas ou a quantidade de anos salvos, seja através da priorização de faixas etárias ou pela priorização de municípios para a distribuição da vacina, avaliando outras possíveis variáveis a fim de inferir os impactos na expectativa de vida, no PIB, dentre outros indicadores considerados importantes para a sociedade.

As seções 3.3 e 3.4 identificam, a partir da coleta de dados, os números referentes à população e ao histórico de casos e óbitos mês a mês do início da

---

<sup>30</sup> O percentual refere-se à quantidade de vacinas do primeiro lote (488.320) dividido pela estimativa populacional do estado do Rio de Janeiro em 19 de janeiro de 2021, conforme tabela 01 desta pesquisa.

referida pandemia até a data inicial adotada como marco para distribuição do primeiro lote de vacina.

Em relação ao número de casos e óbitos por faixa etária, foi identificado, na seção 4 da presente pesquisa, maior incidência de casos em adultos nas faixas etárias entre 20 e 49 anos e maior letalidade em pessoas idosas entre 70 e 79 anos, pela covid-19 no estado do Rio de Janeiro, o que pode ser explicado pela alta afinidade do vírus às células pulmonares e ao estado atual de saúde do hospedeiro. Além disso, diversos fatores de risco, como as comorbidades, em comparação às populações saudáveis, e o processo natural de envelhecimento podem afetar as funções orgânicas e suas respostas ao meio ambiente mais severamente (HAMMERSEHMIDT; SANTANA, 2020).

Achados esses que corroboram com o estudo de Cavalcante e Abreu (2020) realizado no Rio de Janeiro, cuja faixa etária em adultos com idade inferior a 50 anos foi a mais acometida pela doença, tendo como possíveis causas a vida ativa no mercado de trabalho, a utilização de transporte público, a deficiência no acesso ao saneamento básico, além da dificuldade em manter o isolamento social sem prejuízo na renda mensal do trabalhador. Foi constatado na seção 4.1 que a vacinação em idosos deveria ser prioritária, entretanto, ao se priorizar faixas contemplando a população acima de 80 anos, temos como resultado aproximado o correspondente ao dobro de vidas salvas da faixa de 70 a 79 anos (gráfico 1 de projeção das vidas salvas), embora ao se vacinar essa faixa temos um número superior ao triplo de anos salvos se comparado àquela (gráfico 4 de projeção dos anos salvos), deixando em dúvida qual seria a decisão mais acertada.

Também ficou claro que, à medida que consideramos mais baixa a eficácia da vacina, os resultados para vidas salvas diminuem (gráfico 3 de projeção de vidas salvas por faixa etária), chegando a um dos cenários apresentados cerca de 40% menor quando comparado com o cenário sem a redução da eficácia (gráfico 1 de projeção das vidas salvas).

Considerando ainda que a qualidade efetiva dos anos restantes de uma pessoa diminui nas faixas etárias mais elevadas, tendendo a apresentar maiores comorbidades, ainda que este fato não tenha sido objeto deste estudo, surge a reflexão se para a gestão pública onde há uma prevalência do interesse público em detrimento do interesse particular, possivelmente para fins de manutenção da seguridade social talvez fosse mais indicada uma priorização de faixas que

trouxesse uma maior de quantidade de anos de vida salvos, o que, inclusive, diante do alto caso de óbitos proporcionaria uma menor redução na expectativa de vida.

Na segunda fase da pesquisa foram coletados os dados necessários para que a análise de vidas salvas e anos salvos pudessem ser realizados, caso houvesse uma priorização da distribuição das vacinas dentro de municípios com maior letalidade e para isso foi realizado uma clusterização onde a melhor escolha ficou evidenciada ao longo da seção 4.2. Deste modo, aplicando as vacinas nos idosos em ordem decrescente, sem mais questionar a melhor faixa etária, a concentração do primeiro lote no exclusivamente no município do Rio de Janeiro apresentaria resultados cerca de 25% melhor em relação a quantidade de vidas salvas e mais de 7 vezes melhor em relação à quantidade de anos salvos se comparado com o que foi realizado pela gestão à época.

As contribuições desta pesquisa podem ser resumidas da seguinte forma:

- Apresentação das possibilidades de compreender, antecipar-se e lidar com a direção que o nosso país tomaria frente a uma mudança de paradigmas baseada na análise de dados para tomada de decisões estratégicas;
- Do ponto de vista prático, esse método pode ajudar os profissionais a gerar de forma fácil e rápida decisões operacionais ideais para a distribuição eficaz de vacinas contra a covid-19 sob limitações de recursos, visando maximizar a quantidade de vidas e anos salvos.

A metodologia aplicada em ambos os cenários pode ser utilizada em outros períodos e em outras localidades, desde que sejam realizadas as adaptações necessárias de acordo com as particularidades de cada local, além do modelo utilizado fornecer resultados de fácil compreensão.

Algumas questões com relação às vacinas e à vacinação contra a covid-19 precisam ser revisitadas, pois pôde ser visto ao longo da pesquisa uma série de problemas oriundos da ausência de um planejamento no âmbito nacional e no estado do Rio de Janeiro como atrasos na distribuição, no armazenamento, na contratação de empresas para aquisição dos principais insumos do imunizante e da vacinação, além de questões negacionistas políticas e partidárias.

Uma percepção obtida com a realização deste trabalho é de que muitas tomadas de decisão durante o cenário de pandemia foram prejudicadas por questões políticas que segregam o nosso país. A saída mais fácil durante a crise é seguir a manada se escorando em ações adotadas em países desenvolvidos, ainda

que isso implique em desconsiderar fatores sociais, culturais, econômicos e demográficos.

Fato também é que os resultados baseados em dados quantitativos podem direcionar para ações que podem ser tachadas como antidemocráticas ou podem se apresentar em dissonância dos interesses políticos e sociais, quando, por exemplo, preferir um município agradando um único prefeito e preterindo outros 91, ainda que isto objetivasse em um maior número de vidas salvas.

Outra percepção obtida no decorrer da pesquisa foi o fato da dificuldade encontrada para o acesso dos dados nas principais plataformas de observatórios epidemiológicos no Brasil e, em especial, no estado do Rio de Janeiro, já que para muitos dos cálculos gerados foram necessários o cruzamento das informações para se alcançar dados mais fidedignos, no que tange às adequações nos sistemas de notificação para a covid-19, evolução dos casos pelas unidades de saúde e qualificação dos dados.

Levar em conta a qualidade dos anos de vida salvos e considerar também o impacto na expectativa de vida geral da população poderiam ser ideias para sugestões de pesquisas futuras que discorressem sob o ponto de vista econômico, ético e filosófico.

Outra possibilidade para estudos futuros seria trabalhar em cima da incerteza que se tem acerca da eficácia da vacina. Poderia ser estudado o *breakeven* de eficácia, a partir do qual seria mais interessante – em termos de vidas salvas e/ou de anos salvos e/ou de qualquer outro critério – priorizar faixas etárias mais avançadas.

Adicionalmente e, em função da existência de uma base de dados cada vez mais robusta que permite avaliar os dados de letalidade pós-vacina e cruzá-los com a letalidade pré-vacina, sugere-se a realização de estudos que procurem estimar de forma empírica a eficácia contra morte das vacinas disponíveis. Estas estimativas, poderiam, inclusive, alimentar com mais qualidade as premissas utilizadas nos cenários desta pesquisa e produzir resultados mais assertivos.

## REFERÊNCIAS

ABURTO, J. M. *et al.* Quantifying impacts of the covid-19 pandemic through life-expectancy losses: a population-level study of 29 countries. **Int J Epidemiol.**, v. 51, n. 1, p. 63-74, 18 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyab207>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34564730/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

AHLERT, F. *et al.* (org.). **Pesquisa operacional**: programação linear passo a passo: do entendimento do problema à interpretação da solução. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014.

AKRITAS. G. M. **Probability & Statistics with R for engineers and scientists**. Pennsylvania: Pearson Education, 2016.

ALMEIDA, F. D. M. de. **Competências na Constituição de 1988**. São Paulo: Atlas, 1991.

ANDERSEN, K. G. *et al.* The proximal origin of SARS-CoV-2. **Nat Med**, v. 26, p. 450-452, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41591-020-0820-9#citeas>. Acesso em: 6 jun. 2022.

ANDRADE, P. F. L. *et al.* Análise e visualização de dados de rastreamento para caracterização da logística urbana. **Revista Transportes**, v. 25, n. 3, p. 24-35, 2017.

ANDRADE, R. **Os Efeitos da Covid-19**. Pesquisa FAPESP, São Paulo, SP, edição 295, 2020. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/os-efeitos-da-covid-19/#:~:text=Estudos%20recentes%20tamb%C3%A9m%20estimam%20que,a%C3%A7%C3%BAcar%20\(glicose\)%20no%20sangue](https://revistapesquisa.fapesp.br/os-efeitos-da-covid-19/#:~:text=Estudos%20recentes%20tamb%C3%A9m%20estimam%20que,a%C3%A7%C3%BAcar%20(glicose)%20no%20sangue). Acesso em: 25 jun. 2020.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive Science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

ASSOCIAÇÃO MÉDICA BRASILEIRA. Antibióticos da profilaxia da COVID-19 ou Tratamento da COVID-19 leve. Disponível em: <https://amb.org.br/wp-content/uploads/2021/10/ANTIBI%C3%93TICOS-NA-PROFILAXIA-DA-COVID-19-LEVE-FINAL-07.07.2021.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO MÉDICA BRASILEIRA. Hidroxicloroquina (HCQ) Profilática e na COVID-19 leve. Disponível em: <https://amb.org.br/wp-content/uploads/2021/06/HIDROXICLOROQUINA-COVID-19-LEVE-FINAL-07.06.2021-2-1.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2022.

AVENDANO, M.; DERKACH, P.; SWAN, S. Clinical course and management of SARS in health care workers in Toronto: a case series. **CMAJ**, v. 168, n. 13, p. 1649-60, 2003.

BARROS, M. D. de *et al.* Mapping og the scientific production on the ITIL application published in the national and international literature. **Procedia Computer Science**,

v. 55, p. 102-111, 2015.

BARROSO, L. R. **Da falta de efetividade à judicialização excessiva**: direito à saúde, fornecimento gratuito de medicamentos e parâmetros para a atuação judicial. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/dl/estudobarroso.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

BOIN, A.; LODGE, M.; LUESINK, M. Learning from the COVID-19 crisis: an initial analysis of national responses. **Policy Design and Practice**, v. 3, p. 189-204, 2020.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 22 set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 7.508, de 28 de junho de 2011**. Regulamenta a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, para dispor sobre a organização do Sistema Único de Saúde (SUS), o planejamento da saúde, a assistência à saúde e a articulação interfederativa e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/decreto/D7508.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/D7508.htm). Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 78.231, de 12 de agosto de 1976**. Regulamenta a Lei nº 6.259, de 30 de outubro de 1975, que dispõe sobre a organização das ações de vigilância epidemiológica, sobre o Programa Nacional de Imunizações, estabelece normas relativas à notificação compulsória de doenças e dá outras providências. Disponível em: <http://www.brasilsus.com.br/legislacoes/decretos/13479-78231.html>. Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Ebserh). Nota Técnica-SEI no 6/2021/SGQ/CGC/DEPAS-Ebserh. Atualização da Nota Técnica no 2/2021/SGQ/CGC/DEPAS-EBSERH que atualiza a Nota Técnica no 5/2020/SGQ/CGC/DAS-EBSERH referente às orientações aos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh a respeito da Covid-19. Disponível em: <http://intranet.ebserh.gov.br/novo-coronavirus>. Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.259, de 30 outubro de 1975**. Dispõe sobre a organização das ações de vigilância epidemiológica, sobre o Programa Nacional de Imunizações, estabelece normas relativas à notificação compulsória de doenças e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6259.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6259.htm). Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes para diagnóstico e tratamento da COVID-19**. Brasília, DF, 2020b. Disponível em: <https://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2020/May/08/Diretriz-Covid19-v4-07-05.20h05m.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Painel Coronavírus**. Brasília, DF, 2020c. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 17 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1.498, de 19 de julho de 2013**. Redefine o Calendário Nacional de Vacinação, o Calendário Nacional de Vacinação dos Povos Indígenas e as Campanhas Nacionais de Vacinação, no âmbito do Programa Nacional de Imunizações (PNI), em todo o território nacional. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt1498\\_19\\_07\\_2013.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt1498_19_07_2013.html). Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.488, de 21 de outubro de 2011**. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes e normas para a organização da Atenção Básica, para a Estratégia Saúde da Família (ESF) e o Programa de Agentes Comunitários de Saúde (Pacs). Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2488\\_21\\_10\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2488_21_10_2011.html). Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3.252, de 22 de dezembro de 2009**. Aprova as diretrizes para a execução e o financiamento das ações de vigilância em saúde pela União, pelos estados, pelo Distrito Federal e pelos municípios e dá outras providências. Disponível em: <http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/novo/Documentos/portaria3252.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 399, de 22 de fevereiro de 2006**. Divulga o Pacto pela Saúde 2006 – Consolidação do SUS, e aprova as Diretrizes Operacionais do Referido Pacto. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2006/GM/GM-399.htm>. Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_procedimentos\\_vacinacao.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_vacinacao.pdf). Acesso em: 12 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação**. Brasília, DF, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. Brasília, DF, 2007d. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/GuiaVigEpidnovo2.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

BRASIL. **Resolução nº 8, de 9 de setembro de 2020**. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/vacinas/pdfs/resolucao\\_2108002\\_resolucao\\_n\\_\\_8\\_\\_de\\_9\\_de\\_setembro\\_de\\_2020.pdf](https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/vacinas/pdfs/resolucao_2108002_resolucao_n__8__de_9_de_setembro_de_2020.pdf). Acesso em: 14 dez. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Ação direta de inconstitucionalidade nº 6.341 /DF - Distrito Federal. Relator: Ministro Marco Aurélio. Referendo em Medida Cautelar Em Ação Direta da Inconstitucionalidade em 15 de abril de 2020.

Disponível em:  
<https://portal.stf.jus.br/processos/downloadPeca.asp?id=15344964720&ext=.pdf>.  
Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Ação direta de inconstitucionalidade nº 6.586/DF - Distrito Federal. Relator: Ministro Ricardo Lewandowski. Ação Direta de Inconstitucionalidade em 17 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=755517337>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Ação direta de inconstitucionalidade nº 6.587/DF - Distrito Federal. Relator: Ministro Ricardo Lewandowski. Ação Direta de Inconstitucionalidade em 17 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=755517731>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Recurso Extraordinário com Agravo (ARE) 1267879 São Paulo – Brasília – Distrito Federal/DF. Relator: Ministro Roberto Barroso. Recurso Extraordinário em 17 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/stf/1190972206/inteiro-teor-1190972213>. Acesso em: 25 set. 2022.

CAMARANO, A. A. **Vidas idosas importam, mesmo na pandemia**. Políticas sociais: acompanhamento e análise, n. 28, 2021.

CARDOSO, A. da S. **Princípio da solidariedade**: o paradigma ético do direito contemporâneo. São Paulo: Editora Nova, 2013.

CARMO, E. H.; PENNA, G.; OLIVEIRA, W. K. Emergências de saúde pública: conceito, caracterização, preparação e resposta. **Estudos avançados**, v. 22, n. 64, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000300003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/TdDMvxtcgRt8PGL5WNSjZ8d/?lang=pt>. Acesso em: 20 maio 2022.

CARVALHO, L.; PIRES, L. N.; XAVIER, L. de L. **COVID-19 e Desigualdade no Brasil**. Abr. 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340452851\\_COVID-19\\_e\\_Desigualdade\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/340452851_COVID-19_e_Desigualdade_no_Brasil). Acesso em: 14 dez. 2022.

CAVALCANTE, J. R.; ABREU, A. J. L. COVID-19 in the city of Rio de Janeiro: spatial analysis of first confirmed cases and deaths. **Epidemiol. Serv. Saude**, v. 29, n. 3, e2020204, 2020.

CENPE/MPRJ (Centro de pesquisas do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro). **Panorama da pandemia de covid-19 no estado do Rio de Janeiro e a necessidade do isolamento social**. Rio de Janeiro: CENPE/MPRJ, maio 2020.

CFMV (Conselho Federal de Medicina Veterinária). **Ciência investiga a genética do novo coronavírus e origem de transmissão da covid-19**. Publicado em 3 jun. 2020. Atualizado em 9 ago. 2020. Disponível em: <https://www.cfmv.gov.br/ciencia->

investiga-a-genetica-do-novo-coronavirus-e-origem-de-transmissao-da-covid-19/comunicacao/noticias/2020/06/03/#:~:text=Gest%C3%A3o%20de%20Riscos-,Ci%C3%A2ncia%20investiga%20a%20gen%C3%A9tica%20do%20novo%20coronav%C3%ADrus,de%20transmiss%C3%A3o%20da%20covid%2D19&text=Desde%20que%20foram%20relatados%20os,origem%20da%20transmiss%C3%A3o%20da%20doen%C3%A7a. Acesso em: 20 abr. 2022.

CHENG, Z. J.; SHAN, J. Novel coronavirus: where we are and what we know. **Infection**, v. 48, n. 2, p. 155-63, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s15010-020-01401-y>. Acesso em: 3 jul. 2022.

CHRISTENSEN, T.; LÆGREID, P.; RYKKJA, L. H. Organizing for crisis management: Building governance capacity and legitimacy. **Public Administration Review**, v. 76, n. 6, p. 887-897, 2016.

COATES, V. *et al.* On the Future of Technological Forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 67, n. 1, p. 1-17, maio 2001.

COSTA, H. G. Model for webibliomining: Proposal and application case. **Magazine FAVE**, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2010.

CSISZAR, A. *et al.* Companion animals likely do not spread COVID-19 but may get infected themselves. **GeroScience**, 2020.

CULLEN, W.; GULATI, G.; KELLY, B. D. Mental health in the covid-19 pandemic. **QJM: An International Journal of Medicine**, v. 113, n. 5, p. 311-312, maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcaa110>. Disponível em: <https://academic.oup.com/qjmed/article/113/5/311/5813733>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DALLARI, S. G. "O direito à saúde". **Rev. Saúde pública**, São Paulo, v. 22, p. 57-63, 1988.

DJAAFARA, B. *et al.* Indonesia's decision to prioritise COVID-19 vaccination to citizens aged 18-59 years old questionable. **The Conversation**, 2 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://theconversation.com/indonesias-decision-to-prioritise-covid-19-vaccination-to-citizens-aged-18-59-years-old-questionable-153883>. Acesso em: 20 nov. 2022.

DOMINGUEZ, B. Alerta global: novo coronavírus é a sexta emergência em saúde pública de importância internacional declarada pela OMS. **RADIS: Comunicação e Saúde**, n. 210, p. 14-21, mar. 2020.

DOWDEN, H.; MUNRO J. Trends in clinical success rates and therapeutic focus. **Nat. Rev. Drug Discov.**, v.18, n.7, p.495-6, 2019.

FARIAS, C. A. de; BOUZADA, M. A. C. Abordando probabilisticamente um problema com decisões "sim Ou não": um estudo de determinação de mix de projetos de Consultoria. **Revista Gestão & Planejamento**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 62-81,

jan./abr. 2012. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/1177>. Acesso em: 17 maio 2022.

FEHR, A. R.; PERLMAN, S. Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis. **Methods Mol Biol**, v. 1282, p. 1-23, 2015.

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). **Avaliação Digital da Campanha de Vacinação Contra covid-19 no Brasil**: Informe referente a situação em novembro de 2021. Disponível em: VIGIVAC - covid BR: <https://vigivac.fiocruz.br/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

FREITAS, A. R. R. *et al.* The emergence of novel SARS-CoV-2 variant P.1 in Amazonas (Brazil) was temporally associated with a change in the age and gender profile of COVID-19 mortality. **SciELO Prepr**, 2021. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/2030> Acesso em: 10 nov. 2022.

FUTUYMA, D. J. **Evolutionary biology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2006.

GLOBENEWSWIRE. A Ares Genetics, empresa do Curetis Group, e o BGI Group colaboram para oferecer sequenciamento de última geração e testes de coronavírus (2019-nCoV) baseados em PCR na Europa. Publicado em 30 jan. 2020. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/01/30/1977226/0/en/Curetis-Group-Company-Ares-Genetics-and-BGI-Group-Collaborate-to-Offer-Next-Generation-Sequencing-and-PCR-based-Coronavirus-2019-nCoV-Testing-in-Europe.html>. Acesso em: 14 dez. 2022.

GREENBERG, R. S. *et al.* **Epidemiologia Clínica** 3<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

GRUBER, A. covid-19: o que se sabe sobre a origem da doença. **Jornal da USP**. Publicado em 14 abr. 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=314416>. Acesso em: 15 maio 2022.

GUAN, W. J. *et al.* Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. **New Engl J Med.**, n. 382, p. 1708-1720, 2020.

HAMMERSCHMIDT, K. S. A.; SANTANA, R. F. Saúde do idoso em tempos de pandemia COVID-19. **Cogitare Enferm**, v. 25, e72849, 2020.

HASSANIN, A. Coronavirus origins: genome analysis suggests two viruses may have combined. **L'Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité**. Publicado em 18 mar. 2020. Disponível em: <https://isyeb.mnhn.fr/en/news/coronavirus-origins-genome-analysis-suggests-two-viruses-may-have-combined-6466>. Acesso em: 24 jun. 2022.

HE, X. *et al.* Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID- 19. **Nat Med.**, v. 26, n. 5, p. 672-5, 2020.

HENSCHKE, R.; ANUGRAH, P. Vacina contra covid-19: a estratégia do país que decidiu vacinar os jovens antes dos idosos. **BBC News Brasil**. Publicado em 15 jan. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-55664307>. Acesso em: 13 jun. 2022.

HILÁRIO, C. M.; GRÁCIO, M. C. C. Colaboração científica na temática “redes sociais”: uma análise bibliométrica do ENANCIB no período 2009-2010. **Revista EDICIC**, v. 1, p.363-375, 2011.

HUANG, C. *et al.* Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. **The Lancet**, v. 395, n. 10223, p. 497-506, 21 fev. 2020. DOI: [https://doi.org/10.1016%2FS0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016%2FS0140-6736(20)30183-5). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7159299/>. Acesso em: 15 maio 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Tábua completa de mortalidade para o Brasil – 2019**. Breve análise da evolução da mortalidade no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

ISHIKIRYAMA, C. S.; MIRO, D.; GOMES, C. F. S. Text Mining Business Intelligence: a small sample of what words can say. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 261-267, 2015.

JACK, V. Pandemia causou maior redução da expectativa de vida desde a Segunda Guerra Mundial. **CNN Brasil**. Publicado em 27 set. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/pandemia-causou-maior-reducao-da-expectativa-de-vida-desde-a-segunda-guerra-mundial/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

KOSTOFF, R. N. *et al.* "Citation mining: Integrating text mining and bibliometrics for research user profiling". **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 52, n. 13, p. 1148–1156, 2001.

LACHI, R. L.; ROCHA, H. V. da. Aspectos básicos de clustering: conceitos e técnicas. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~reltech/2005/05-03.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

LAUER, S. A. *et al.* The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application. **Ann Int Med.**, v. 172, p. 577-82, 2020.

LEA, B. R.; YU, W.; MIN, H. Data visualization for assessing the biofuel commercialization potential within the business intelligence framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 921-941, 2018.

LENZA, P. **Direito Constitucional Esquematizado**. 10. ed. São Paulo: Editora Método, 2006.

LEUNG, C. C.; LAM, T. H.; CHENG, K. K. Mass masking in the COVID-19 epidemic: people need guidance. **Lancet**, v. 395, p. 945, 2020.

LEUNG, K. *et al.* Early transmissibility assessment of the N501Y mutant strains of SARS-CoV-2 in the United Kingdom, October to November 2020. **Euro Surveill**, v. 26, n. 1, 2021. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33413740>. Acesso em: 20 mar. 2022.

LIU, J. *et al.* Community Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020. **Emerg Infect Dis.**, v. 26, p. 1320-3, 2020.

LUO, L. *et al.* Modes of contact and risk of transmission in COVID-19 among close contacts (preprint). **MedRxiv**. 2020 doi:10.1101/2020.03.24.20042606.

MACÊDO, C. L. *et al.* Avaliação da eficácia e segurança das principais vacinas utilizadas. **Brazilian Journal of Development**, 31753-31767, 2022.

MAILUND, T. Aprendizagem não supervisionada. *In: Beginning Data Science in R 4*. Apress, Berkeley, 2022. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8155-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8155-0_7). Acesso em: 14 dez. 2022.

MATTA, G. C. *et al.* (ed.). **Os impactos sociais da covid-19 no Brasil: populações vulnerabilizadas e respostas à pandemia**. Rio de Janeiro: Observatório covid 19; Editora FIOCRUZ, 2021.

MAUNDER, R. The experience of the 2003 SARS outbreak as a traumatic stress among frontline healthcare workers in Toronto: lessons learned. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, v. 359, p. 1117-25, 2004.

MENDES, G. F.; BRANCO, P. G. G. **Curso de Direito Constitucional**. 8. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2013.

NASSAR, N. A origem do coronavírus e a responsabilidade mundial. **UNB Notícias**. Publicado em 26 jul. 2021. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/5115-a-origem-do-corona-virus-e-a-responsabilidade-mundial>. Acesso em: 6 jun. 2022.

NELSON, G. *et al.* Molecular dynamic simulation reveals E484K mutation enhances spike RBD-ACE2 affinity and the 2 combination of E484K, K417N and N501Y mutations (501Y.V2 variant) induces conformational change greater than N501Y mutant alone, potentially resulting in an escape mutant. **bioRxiv**, 2021. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.01.13.426558v1.full.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2022.

NEWMAN, A. First Reported Cases of SARS-CoV-2 Infection in Companion Animals—New York, March–April 2020. **MMWR Morbid Mortal Wkly Rep.**, v. 69, n. 23, p. 710-713, 2020.

OLIVEIRA, T. C. *et al.* (In)Segurança alimentar no contexto da pandemia por SARS-CoV-2. **Cadernos de Saúde Pública**, 36, e00055220, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/TBP3jQfHtrcNpYJ4zQvXzQk/?lang=pt>. Acesso em: 30 out. 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **Occurrence of variants of SARS-CoV-2 in the Americas**. OPAS Brasil. Brasília, DF, 2021. Disponível em: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53234/EpiUpdate26January2021\\_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53234/EpiUpdate26January2021_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 7 set. 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). Folha informativa – **COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus)**. Brasília. Disponível em: [https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875). Acesso em: 28 maio 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **Histórico da pandemia de covid-19**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 28 maio 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **OMS declara emergência de saúde pública de importância internacional por surto de novo coronavírus**. Brasília. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/news/30-1-2020-who-declares-public-health-emergency-novel-coronavirus>. Acesso em: 4 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Organização Mundial da Saúde Brasil**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/eportuguese/countries/bra/pt/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Advice on the use of masks in the context of COVID-19**. Interim guidance. Geneva: World Health Organization, 2020. Disponível em: [https://www.who.int/publications/i/item/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)-outbreak](https://www.who.int/publications/i/item/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-(2019-ncov)-outbreak). Acesso em: 14 dez. 2022.

PEREIRA, M. D. *et al.* Aspectos epidemiológicos, clínicos e terapêuticos da covid-19. **J. Health Biol Sci.**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.12662/2317-3076jhbs.v8i1.3297.p1-8.2020>. Disponível em: <https://periodicos.unichristus.edu.br/jhbs/article/view/3297>. Acesso em: 4 maio 2022.

PLOTKIN, S. *et al.* The complexity and cost of vaccine manufacturing: an overview. **Vaccine**, Kidlington, v. 35, n. 33, p. 4064-4071, 2017.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. **Boletim epidemiológico dos casos de covid-19 no estado do Rio de Janeiro 2020-2021**. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro, 2021a.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. **Plano de contingência para vacinação contra covid-19**. 1. abr. 2021. 2. versão. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro, 2021b.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). **Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde**. (23 de 05 de 2022). Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/sms/informacoes-estrategicas-em-vigilancia-em-saude>. Acesso em: 12 jun. 2022.

ROCHA, L. **Estudo identifica linhagens do SARS-CoV-2**. Publicado em 14 jul. 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/estudo-identifica-linhagens-dosars-cov-2>. Acesso em: 17 abr. 2022.

ROCHA, R. *et al.* Pandemia reduz expectativa de vida no Brasil em 4,4 anos, diz especialista. **CNN Brasil**. Publicado em 21 fev 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/pandemia-reduz-expectativa-de-vida-no-brasil-em-44-anos-diz-especialista/> Acesso em: 06 fev. 2023.

SÁ, D. M. de. **Especial covid-19: o olhar dos historiadores da Fiocruz**. Publicado em 7 abr. 2020. Disponível em: <https://coc.fiocruz.br/index.php/pt/todas-as-noticias/1768>. Acesso em: 13 mar. 2022.

SÁ, G. R. S.; FLAUZINO, R. F. Vigilância das doenças imunopreveníveis. *In*: SILVA, M. N.; FLAUZINO, R. F.; GONDIM, G. M. M. (ed.). **Rede de frio: fundamentos para a compreensão do trabalho**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2017, p. 179-214.

SANAR. **Saiba em detalhes como funciona a vacina de Oxford**. Publicado em 25 jan. 2021. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/saiba-em-detalhes-como-funciona-a-vacina-de-oxford>. Acesso em: 30 abr. 2022.

SANTOS, M. T. As diferenças e semelhanças entre outros coronavírus e o sars-cov-2. **Veja Saúde**. Publicado em 27 jul. 2020, atualizado em 23 fev. 2021.

SARLET, I. W. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. 12. ed. rev. atual e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

SARMENTO, D.; TELLES, C. Judicialização da Saúde e Responsabilidade Federativa: Solidariedade ou subsidiariedade? *In*: ASENSI, F. D.; PINHEIRO, R. (org.). **Direito Sanitário**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 117-129.

SILVA, G. B. da; COSTA, H. G.; BARROS, M. D. de. Entrepreneurship in engineering education: A literatura review. **International Journal of Engineering Education**, v. 31, n. 6, p. 1701-1710, 2015.

SILVA, R. *et al.* A participação da universidade na produção de testes diagnósticos moleculares do novo coronavírus no Brasil: **resposta aos desafios sanitários**, 2020. DOI: 10.1590/0102-311X00115520. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/89Kz4mhYDYd7SDRS5kSDqQS/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 25 jun. 2022.

SILVA, T. C. *et al.* Influence of age on the effectiveness and duration of protection of Vaxzevria and CoronaVac vaccines: A population-based study. **The lancet**, v. 6, 100154, 1 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2021.100154>. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X\(21\)00150-2/fulltext#:~:text=Vaccines%20were%20from%20two%20distinct,be%20carefully%20considered%20in%20elders](https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X(21)00150-2/fulltext#:~:text=Vaccines%20were%20from%20two%20distinct,be%20carefully%20considered%20in%20elders). Acesso em: 20 maio 2022.

TABLEAU. **Tableau Public**, 2018. Disponível em: <https://public.tableau.com/pt-br>. Acesso em: 14 dez. 2022.

TELESSAÚDE SÃO PAULO. **Qual é a diferença entre surto, epidemia, pandemia e endemia?** Disponível em: <https://www.telessaude.unifesp.br/index.php/dno/redes-sociais/159-qual-e-a-diferenca-entre-surto-epidemia-pandemia-e-endemia>. Acesso em: 24 de mar 2022.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Manual for VOSviewer version 1.6.8. **CWTS Meaningful Metrics**. Univeristeit Leiden, 2018.

WALDMAN, E. A. Usos da vigilância e da monitorização em saúde pública. **Inf. Epidemiol. Sus**, Brasília, v. 7, p. 7-26, set. 1998. Disponível em [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-16731998000300002&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16731998000300002&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 29 ago. 2022.

WANG, L., WANG, Y., JIN, S., WU, Z., CHIN, D.P., KOPLAN, J.P., WILSON, M.E. **Emergence and control of infectious diseases in China**. *Lancet*. 2008; 372:1598–1605. DOI: 10.1016/S0140-6736(08)61365-3.

WANG, Z. *et al.* mRNA vaccine-elicited antibodies to SARS-CoV-2 and circulating variants. **Nature**, v. 592, 2021.

WEICHERT, M. A. **Saúde e Federação na Constituição Brasileira**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2004.

WHO Coronavirus Disease (COVID-19). **Dashboard**. Disponível em: <https://covid19.who.int>. acesso em: 7 set. 2022.

WHO. **Naming of the Novel Coronavirus**. Publicado em 28 maio 2013. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20130611204958/http://www.who.int/csr/disease/coronavirus\\_infections/NamingCoV\\_28May13.pdf](https://web.archive.org/web/20130611204958/http://www.who.int/csr/disease/coronavirus_infections/NamingCoV_28May13.pdf). Acesso em: 14 dez. 2022.

WIKIPEDIA. **Pandemia de covid-19**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Pandemia\\_de\\_covid-19](https://pt.wikipedia.org/wiki/Pandemia_de_covid-19). Acesso em: 20 maio 2022.

WOODWARD, A. The outbreaks of both the Wuhan coronavirus and SARS started in Chinese wet markets. Photos show what the markets look like. **Business Insider**, 26 fev. 2020. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/wuhan-coronavirus-chinese-wet-market-photos-2020-1>. Acesso em: 14 dez. 2022.

ZHOU, P. *et al.* A pneumonia outbreak outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. **Nature**, v. 579, n. 7798, p. 270-3, 2020.