

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA

FABRÍCIO VIEIRA CAVALCANTE

**PRONTIDÃO LABORATORIAL NO CONTEXTO DE  
EMERGÊNCIAS SANITÁRIAS: O CASO DA PANDEMIA DA  
COVID-19**

Brasília  
2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA

FABRÍCIO VIEIRA CAVALCANTE

**PRONTIDÃO LABORATORIAL NO CONTEXTO DE  
EMERGÊNCIAS SANITÁRIAS: O CASO DA PANDEMIA DA  
COVID-19**

Tese apresentada como requisito parcial para  
obtenção do Título de Doutor em Saúde Coletiva  
pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde  
Coletiva da Universidade de Brasília (UnB).

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Leonor Maria Pacheco  
Santos

Brasília  
2025

## Ficha Catalográfica

VC377p      Vieira Cavalcante, Fabrício  
PRONTIDÃO LABORATORIAL NO CONTEXTO DE EMERGÊNCIAS  
SANITÁRIAS: O CASO DA PANDEMIA DA COVID-19 / Fabrício Vieira  
Cavalcante; orientador Leonor Maria Pacheco Santos.  
Brasília, 2025.  
158 p.

Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) Universidade de  
Brasília, 2025.

1. Covid-19. 2. Laboratórios de Saúde Pública. 3.  
Vigilância Sanitária e Genômica. 4. Pesquisa Translacional  
em Saúde Coletiva. 5. Epidemiologia . I. Maria Pacheco  
Santos, Leonor , orient. II. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do autor: CAVALCANTE, Fabrício Vieira.

Título: PRONTIDÃO LABORATORIAL NO CONTEXTO DE EMERGÊNCIAS SANITÁRIAS: o caso da pandemia da Covid-19.

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Saúde Coletiva pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Brasília (UnB).

Apresentada em: 23 de junho de 2025

Banca Examinadora:

Prof <sup>a</sup> . Dra. Leonor Maria Pacheco Santos (presidente)	Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Julgamento:	<i>Aprovado</i>
Prof. Dr. Wildo Navegantes de Araújo	Instituição: Universidade de Brasília (UnB - FCTS)
Julgamento:	<i>Aprovado</i>
Prof <sup>a</sup> . Dra. Marcia de Cantuária Tauil	Instituição: Centro Universitário Euroamericano (Unieuro)
Julgamento:	<i>Aprovado</i>
Prof <sup>a</sup> . Dra. Ligia Maria Cantarino da Costa	Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Julgamento:	<i>Aprovado</i>

Resultado: **Aprovado**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha mãe, Sebastiana, carinhosamente chamada de Querum, uma forma afetiva derivada de “Querubim”, por sua força silenciosa, fé inabalável e amor imenso. Foi nos seus gestos simples, nos conselhos firmes e no cuidado constante que encontrei abrigo nos momentos de incerteza e motivação nos dias mais difíceis. Esta conquista também é sua, mãe, pois cada linha escrita carrega a sua coragem e o seu sonho de ver o filho tornar-se doutor.

Dedico, ainda, aos trabalhadores e trabalhadoras do Sistema Único de Saúde (SUS), que, com bravura e compromisso, não cessaram suas atividades em nenhum momento durante o enfrentamento da pandemia de Covid-19, garantindo o cuidado de forma equânime à população brasileira. Estendo esta dedicatória a todas as parcerias construídas ao longo da minha trajetória de formação no Departamento de Saúde Coletiva da Universidade de Brasília, que contribuíram significativamente para este percurso.

## AGRADECIMENTOS

À Dra. Leonor Pacheco, por quem nutro profunda admiração desde a graduação, pelo seu brilhantismo na ciência deste país e pelas valiosas contribuições ao Sistema Único de Saúde (SUS). Agradeço por ter aceitado me orientar com tamanha paciência, dedicação e pela forma humanizada com que compartilha seu conhecimento. Levo comigo, por onde for, um pouco da sua essência como grande pesquisadora.

À Dra. Margarita Urdaneta, Dr. Edgar Merchan e Dra. Muna Muhammad pelos ensinamentos e parceria. Obrigado!

À minha Querum (mãe) por existir e me motivar a cada manhã com suas palavras simples e sinceras. Obrigado por sempre acreditar em mim.

Ao João Victor (príncipe), sem esse seu estímulo e apoio não teria concluído esta tese. Obrigado por existir!

Aos membros da banca examinadora, pelas importantes contribuições, desde a qualificação, e por terem aceitado prontamente o convite para integrá-la.

Ao meu querido Departamento de Saúde Coletiva que me acolheu desde a graduação, proporcionando colecionar aprendizados, memórias e vivências ao lado de grandes profissionais da saúde coletiva ao decorrer dessa longa caminhada até o doutorado. Tenho muito orgulho de fazer parte, obrigado.

À CAPES, pela contribuição contínua ao desenvolvimento científico e à formação de pesquisadores no Brasil. Obrigado!

Ao Sistema Único de Saúde, por me possibilitar refletir acerca dos determinantes sociais da saúde com um olhar integral e equânime. Viva à Saúde Pública!

Às minhas irmãs e amigos, pelas risadas, partilha e companheirismo. Amo vocês.

Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram,  
nem jamais penetrou em coração humano o  
que Deus tem preparado para mim.  
Coríntios 2:9 (adaptado)

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A pandemia da Covid-19 evidenciou a relevância da vigilância epidemiológica e genômica como ferramentas essenciais para a identificação e controle de doenças infecciosas. Nesse contexto, os Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACENs) assumiram um papel estratégico, sendo responsáveis pelo apoio diagnóstico, realização de exames laboratoriais, identificação de agentes etiológicos e monitoramento de novas variantes. Durante a crise sanitária, os LACENs destacaram-se na implementação de técnicas de vigilância genômica, que permitiram não apenas a identificação do SARS-CoV-2, mas também o rastreamento de suas variantes. Essa capacidade de análise é essencial para detectar mudanças no perfil epidemiológico e orientar ações de saúde pública, como a alocação de recursos e a definição de medidas de controle. Ademais, os dados gerados pelos laboratórios alimentaram sistemas de informação, possibilitando a divulgação oportuna de informações cruciais para os serviços de saúde, população e para os gestores da saúde. Diversas estratégias para mitigar a incidência de casos da doença foram adotadas pelos órgãos governamentais da saúde, quais sejam: isolamento, distanciamento social, quarentena, medidas de contenção comunitária e a vacinação. **OBJETIVO:** Avaliar a capacidade de resposta dos Laboratórios de Saúde Pública (LACENs) no contexto da pandemia da Covid-19 no Brasil. **MÉTODO:** Trata-se de estudo epidemiológico observacional baseado em dados secundários sobre a prontidão dos LACENs do Brasil para combater a Covid-19 extraídos do painel público do Ministério da Saúde; bancos de dados de universidades públicas e privadas, Secretaria de Saúde do DF. Dados genômicos foram coletados no *Dashboard Rede Genômica do Global Initiative on Sharing All Influenza Data* (GISAID). O período das análises dos dados compreendeu do dia 20/03/2020 a 31/12/2024. **RESULTADOS:** Foram desenvolvidos quatro estudos apresentados em forma de artigo. O primeiro estudo identificou as etapas da pesquisa translacional de projetos desenvolvidos no Brasil sobre testes diagnósticos para mitigação da Covid-19 por regiões do Brasil, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, Produto Interno Bruto e taxa de mortalidade. As maiores concentrações de projetos estão localizadas em SP (n=38), seguido por Pernambuco (n=14) e Minas Gerais (n=10), sendo a região Sudeste do Brasil a com maior concentração de pesquisas sobre testes diagnósticos para o SARS-CoV-2. A grande maioria das pesquisas (33%) estavam no momento da coleta dos dados na penúltima etapa T3 (Implementação). No segundo estudo foi realizada avaliação da capacidade das 165 Unidades Básicas de Saúde (UBS) do Distrito Federal (DF) para realizarem o diagnóstico laboratorial da Covid-19. Os principais achados reportam que 91% dos enfermeiros tanto das UBS tradicionais

como sentinelas estão capacitados para a realização de testes na época da coleta de dados, assim como mais de 50% dos técnicos de enfermagem. Destaca-se que somente 9% dos médicos receberam alguma capacitação para realização dos testes diagnósticos para Covid-19. O terceiro, foi um estudo retrospectivo, transversal com dados de casos/óbitos – Ministério da Saúde, análises de RT-PCR – LACEN/DF e genômica do GISAID, onde se evidenciou que em julho de 2020, o LACEN/DF apresentou um tempo de resposta de oito dias para liberação dos resultados. Nos anos subsequentes 2021 a 2023 o tempo de liberação foi de menos de um dia. Houve destaque para o setor privado que cooperou com o sequenciamento de 1.860 amostras em Brasília, além do desempenho adequado do LACEN/DF nesse processo. O quarto artigo, transversal, analítico, registrou 251.287 sequenciamentos do SARS-CoV-2 no Brasil para os anos de 2021 a 2024 com uma diminuição Tempos Médio de Resposta (TMR) ao longo dos anos. Em 2023 e 2024 foi de 82,4 dias e de 70 dias, respectivamente, e a maioria das UFs apresentaram redução significativa destes valores. Ao longo do período se percebe heterogeneidade deste indicador, entre regiões, variantes prevalentes e entre UFs.

**CONCLUSÃO:** Os resultados apontam que os laboratórios públicos e fundações privadas sem fins lucrativos foram os principais atores no enfrentamento da Covid-19, seja no desenvolvimento de tecnologias diagnósticas, na capacitação profissional, no rastreamento e acompanhamento da doença, no processamento das amostras e na articulação das informações laboratoriais com a Rede de Atenção à Saúde nos três níveis de assistência para mitigação da pandemia da Covid-19 e preparação para emergências sanitárias que possam existir. Portanto, a pandemia reforçou a necessidade de investimentos contínuos na infraestrutura laboratorial e na capacitação técnica.

**Palavras-Chave:** Covid-19; Laboratórios de Saúde Pública; Vigilância Sanitária; Vigilância Genômica; Pesquisa Laboratorial; Pesquisa Translacional em Saúde Coletiva; Epidemiologia.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The Covid-19 pandemic has highlighted the relevance of epidemiological and genomic surveillance as essential tools for the identification and control of infectious diseases. In this context, the Central Public Health Laboratories (LACENs) have assumed a strategic role, being responsible for diagnostic support, laboratory testing, identification of etiological agents, and monitoring of new variants. During the health crisis, LACENs stood out in implementing genomic surveillance techniques, which allowed not only the identification of SARS-CoV-2 but also the tracking of its variants. This analytical capacity is essential for detecting changes in the epidemiological profile and guiding public health actions, such as the allocation of resources and the definition of control measures. Moreover, the data generated by the laboratories fed into information systems, enabling the timely dissemination of crucial information to health services, the population, and health managers. Various strategies were adopted by governmental health agencies to mitigate the incidence of disease cases, namely: isolation, social distancing, quarantine, community containment measures, and vaccination.

**OBJECTIVE:** To assess the response capacity of Public Health Laboratories (LACENs) in the context of the Covid-19 pandemic in Brazil. **METHOD:** This is an observational epidemiological study based on secondary data on the readiness of LACENs in Brazil to combat Covid-19 extracted from the public dashboard of the Ministry of Health; databases of public and private universities, and the Health Department of the Federal District. Genomic data were collected from the Genomic Network Dashboard/GISAID. The data analysis period ranged from March 20, 2020 to December 31, 2024. **RESULTS:** Four studies were developed and presented in the form of articles. The first study identified the stages of translational research of projects developed in Brazil on diagnostic tests for mitigating Covid-19 by region of Brazil, Municipal Human Development Index, Gross Domestic Product and mortality rate. The largest concentrations of projects are located in SP (n=38), followed by Pernambuco (n=14) and Minas Gerais (n=10), with the Southeast region of Brazil having the highest concentration of research on diagnostic tests for SARS-CoV-2. The vast majority of research (33%) was at the time of data collection in the penultimate stage T3 (Implementation). The second study assessed the capacity of the 165 Basic Health Units (UBS) of the Federal District (DF) to perform laboratory diagnosis of Covid-19. The main findings report that 91% of nurses from both traditional and sentinel UBS are trained in performing tests at the time of data collection, as well as more than 50% of nursing technicians. It is noteworthy that only 9% of doctors received some training to perform diagnostic tests for Covid-19. The third was a retrospective, cross-sectional study with

data on cases/deaths - Ministry of Health, RT-PCR analyses - LACEN/DF and genomics from GISAID, which showed that in July of 2020 LACEN/DF presented a response time of eight days for releasing results. In the subsequent years from 2021 to 2023, the release time was less than one day. There was an emphasis on the private sector which cooperated sequencing 1,860 samples in Brasília, besides an adequate performance by LACEN/DF in this process. The fourth article, cross-sectional, analytical, recorded 251,287 SARS-CoV-2 sequences in Brazil for the years 2021 to 2024 with a decrease in Mean Response Times (MRT) over the years. In 2023 and 2024 it was 82.4 days and 70 days, respectively, and most UFs showed a significant reduction in these values. Throughout the period, heterogeneity of this indicator was observed, between regions, prevalent variants and between UFs. **CONCLUSION:** The results indicate that public laboratories and private non-profit foundations were the main actors in the fight against Covid-19, whether in the development of diagnostic technologies, professional training, disease tracking and monitoring, sample processing and coordination of laboratory information with the Health Care Network at the three levels of care to mitigate the Covid-19 pandemic and prepare for health emergencies that may arise. Therefore, the pandemic reinforced the need for continued investment in laboratory infrastructure and technical training.

**Keywords:** Covid-19; Public Health Laboratories; Health Surveillance; Genomic Surveillance; Laboratory Research; Translational Research in Public Health; Epidemiology.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Patogênese molecular e celular do SARS-CoV-2 .....	24
<b>Figura 2</b> - Subunidades da proteína Spike do SARS-CoV-2.....	25
<b>Figura 3</b> - Subunidades da proteína Spike do SARS-CoV-2.....	26
<b>Figura 4</b> - Swab Nasofaringe.....	30
<b>Figura 5</b> - Swab Orofaringe.....	31
<b>Figura 6</b> - Metodologias para diagnóstico da Covid-19 por fase da doença e período da coleta.....	32
<b>Figura 7</b> - Condições pós-covid-19 mais comuns conforme sistemas do corpo humano .....	38
<b>Figura 8</b> - Organização do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB) .....	50
<b>Figura 9</b> - Áreas de Abrangência dos Laboratórios de Referência Nacional e Regional .....	51
<b>Figura 10</b> - Laboratórios de Referência Estadual .....	52
<b>Figura 11</b> - Laboratórios de Referência Municipal .....	53
<b>Figura 12</b> - Classificação laboratorial de acordo com agentes infecciosos e níveis de Biossegurança.....	55
<b>Figura 13</b> - Fluxo gerencial do Sistema Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL) .....	58

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Variantes de preocupação e variantes de interesse do SARS-CoV-2 .....	22
<b>Quadro 2</b> - Síntese das recomendações para isolamento de pacientes com quadros leves da Covid-19 .....	33
<b>Quadro 3</b> - Grupos para vacinação de rotina e especial de acordo com o calendário nacional de vacinação contra a Covid-19 .....	36
<b>Quadro 4</b> - Dosagem dos antivirais nirmatrelvir e ritonavir .....	37
<b>Quadro 5</b> - Documentos técnicos para vigilância epidemiológica do SARS-CoV-2, 2020 a 2023 .....	43
<b>Quadro 6</b> - Principais atividades das quatro redes nacionais de laboratórios do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB).....	50
<b>Quadro 7</b> - Caracterização dos níveis de biossegurança dos laboratórios de saúde.....	56
<b>Quadro 8</b> - Recomendações para aprimoramento da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública do Brasil, 2025.....	136

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANF	Aspiração na Nasofaringe
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APS	Atenção Primária à Saúde
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CGLAB	Coordenação-Geral de Laboratórios de Saúde Pública
CIEVS	Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde
DF	Distrito Federal
e-SUS Notifica	Sistema de Notificação de casos de Covid-19
EUA	Estados Unidos da América
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GAL	Gerenciador de Ambiente Laboratorial
GISAID	<i>Global Initiative on Sharing All Influenza Data</i>
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IEC	Instituto Evandro Chagas
Kb	Kilobases
LACEN-DF	Laboratório Central de Saúde Pública do Distrito Federal
LACENs	Laboratórios Centrais de Saúde Pública
LOS	Lei Orgânica da Saúde
LRM	Laboratórios de Referência Municipal
LRN	Laboratórios de Referência Nacional
LRR	Laboratórios de Referência Regional
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MCWA	<i>Malaria Control in Wars Areas</i>
MS	Ministério da Saúde
M	Milhões
NIC	<i>National Influenza Center</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde

OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PT	Pesquisa Translacional
REDCap	<i>Research Electronic Data Capture</i>
RJ	Rio de Janeiro
RNA	Ácido ribonucleico
RNLSP	Rede Nacional de Laboratórios em Saúde Pública
RNSG	Rede Nacional de Sequenciamento Genômico
RT-PCR	Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction
RTD	Requisição de Transporte
RT-qPCR	<i>Reverse Transcription quantitative Polymerase Chain Reaction</i>
SARS-CoV-2	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2</i>
SEI	Sistema Eletrônico de Informações
SG	Síndrome Gripal
SIM-A	Síndrome Inflamatória Multissistêmica em Adultos
SIM-P	Síndrome Inflamatória Multissistêmica Pediátrica
SISLAB	Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública
Sivep-Gripe	Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Gripe
SP	São Paulo
SpO2	Saturação de oxigênio
SRAG	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SUS	Sistema Único de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TR-Ag	Teste Rápido de Antígeno
TSB	Técnico em Saúde Bucal
UBS	Unidade Básica de Saúde
UnB	Universidade de Brasília
VE	Vigilância Epidemiológica
VOI	Variantes de Interesse
VOC	Variantes de Preocupação
VUM	Variantes Sob Monitoramento

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	17
INTRODUÇÃO.....	18
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
1.1 SARS-CoV-2.....	21
1.2 VARIANTES DO SARS-CoV-2.....	22
1.3 ETIOPATOGENESE .....	24
1.4 NOTIFICAÇÃO DOS CASOS DA COVID-19 .....	26
1.5 FATORES DE RISCO PARA COVID-19.....	27
1.6 MEIOS DE TRANSMISSÃO .....	27
1.7 PERÍODO DE INCUBAÇÃO.....	28
1.8 MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS.....	28
1.9 DIAGNÓSTICO DO SARS-COV-2 .....	29
1.9.1 Metodologias para Diagnóstico Laboratorial da Covid-19 .....	29
1.10 MEDIDAS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DA COVID-19 .....	32
1.10.1 Isolamento Social e Quarentena .....	33
1.10.2 Vacina.....	34
1.11 MANEJO FARMACOLÓGICO DOS SINAIS E SINTOMAS DO SARS-CoV-2 .....	36
1.12 CONDIÇÕES PÓS-COVID-19.....	37
1.13 VIGILÂNCIA SANITÁRIA E EPIDEMIOLÓGICA .....	38
1.14 VIGILÂNCIA GENÔMICA DO SARS-CoV-2 .....	42
1.14.1 Desenvolvimento da Vigilância Genômica do SARS-CoV-2 no Brasil .....	42
1.14.2 Conceitos-Chave.....	45
1.15 LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA (LACEN).....	46
1.15.1 Primeiros Laboratórios de Saúde Pública.....	46
1.15.2 Expansão dos Laboratórios de Saúde Pública .....	48
1.15.3 Biossegurança Laboratorial .....	54
1.15.4 Fluxo de Transporte de Amostras.....	56
1.15.5 Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL) .....	57
1.15.6 Vigilância Laboratorial da Covid-19 .....	58
2 JUSTIFICATIVA .....	60
3 OBJETIVOS.....	61
3.1 OBJETIVO GERAL.....	61
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	61
4 MÉTODOS.....	62

4.1 ARTIGO 1: TESTES DIAGNÓSTICOS NACIONAIS: INSUMOS ESSENCIAIS PARA A VIGILÂNCIA SINDRÔMICA DA COVID-19 .....	62
4.2 ARTIGO 2: QUALIFICAÇÃO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE PARA O DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DA COVID-19 NO DISTRITO FEDERAL, 2020-2021 .....	63
4.3 ARTIGO 3: <i>LABORATORY READINESS AND GENOMIC SURVEILLANCE OF COVID-19 IN THE CAPITAL OF BRAZIL</i> .....	65
4.4 ARTIGO 4: PRONTIDÃO LABORATORIAL PARA SEQUENCIAMENTO GENÔMICO DO SARS-COV-2 NO BRASIL, 2021 A 2024 .....	66
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	68
5.1 ARTIGO 1 .....	68
5.2 ARTIGO 2 .....	88
5.3 ARTIGO 3 .....	104
5.4 ARTIGO 4 .....	117
5.5 ARTICULAÇÃO DA REDE LABORATORIAL E PERSPECTIVAS PARA FUTURAS EMERGÊNCIAS DE SAÚDE PÚBLICA .....	133
5.5.1 Perspectivas Futuras .....	133
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	135
6.1 Recomendações .....	135
REFERÊNCIAS .....	138
APÊNDICE A .....	153
APÊNDICE B .....	154
APÊNDICE C .....	155
ANEXO 1 .....	156

## APRESENTAÇÃO

A motivação para o desenvolvimento desta tese surgiu ainda na graduação em Saúde Coletiva, quando iniciei meus estudos sobre a Rede de Atenção à Saúde e seu papel na estruturação do Sistema Único de Saúde (SUS). Desde então, venho aprofundando minha compreensão sobre a cooperação interinstitucional, especialmente no eixo laboratorial, elemento estratégico, porém pouco explorado na literatura. A pandemia da Covid-19 reforçou a importância da vigilância laboratorial e genômica como instrumentos essenciais para resposta a emergências sanitárias, despertando em mim o interesse em investigar como os Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACENs) e demais instituições atuaram, se articularam e integraram suas ações à rede assistencial em um momento de crise global.

Esta tese está organizada em formato de coletânea e composta por quatro artigos científicos. Três deles já foram publicados em periódicos nacionais e internacionais revisados por pares, enquanto o quarto está submetido à Revista de Saúde Pública, aguardando parecer editorial. Cada artigo aborda uma faceta específica da vigilância laboratorial e genômica no contexto da pandemia.

O primeiro artigo apresenta um mapeamento da pesquisa translacional em testes diagnósticos para Covid-19 nas diferentes regiões brasileiras, destacando desigualdades e potencialidades no desenvolvimento tecnológico em saúde. O segundo artigo avalia a prontidão das Unidades Básicas de Saúde do Distrito Federal para o diagnóstico da doença, evidenciando a reorganização da atenção primária em contextos emergenciais. O terceiro artigo analisa o desempenho do LACEN-DF na liberação dos resultados dos exames. Já o quarto artigo, atualmente submetido, retrata a força tarefa promovida por instituições públicas e privadas no Brasil para o enfrentamento da Covid-19 por meio do sequenciamento do SARS-CoV-2, além de propor reflexões sobre as lições aprendidas com o contexto pandêmico e seus impactos na vigilância em saúde.

Com este trabalho, pretendo contribuir com o fortalecimento do SUS, oferecendo subsídios analíticos que orientam o aperfeiçoamento da infraestrutura laboratorial, das estratégias de vigilância integrada e das políticas de enfrentamento a emergências sanitárias. A articulação entre ciência, gestão e assistência, evidenciada ao longo desta tese, reforça o papel da vigilância laboratorial como eixo estratégico para a soberania sanitária e para a garantia do direito à saúde no Brasil.

## INTRODUÇÃO

A pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2), conhecido como Covid-19, foi declarada em 11 de março de 2020 pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2020a), sendo esta uma doença infecciosa ocasionada por meio do coronavírus SARS-CoV-2, desencadeando desde o ano de 2019 (Zhu *et al.*, 2020a) casos de adoecimento do trato respiratório. Sabendo da rápida disseminação da doença e do mecanismo de transmissão ser o contato com aerossóis, secreções contaminadas, o diagnóstico oportuno passou a ser visto como uma das formas primordiais de enfrentamento à pandemia (WHO, 2020b).

Segundo registros por regiões da OMS de 2021 até junho de 2025, estima-se um total de casos acumulados na África de 9,6 milhões(m); nas Américas de 194m; no Mediterrâneo Oriental de 23,4m; na Europa de 281m; no Sudeste Asiático de 61,5m; e no Pacífico Ocidente de 209m. Para o mesmo período, registrou-se um total de óbitos acumulados na África de 176 mil; nas Américas de 3,1m; no Mediterrâneo Oriental 352 mil; na Europa 2,3m; no Sudeste Asiático 809 mil; e no Pacífico Ocidental 422 mil (WHO, 2025a). No Brasil, registrou-se um total de 39m de casos e 716 mil óbitos acumulados (Brasil, 2025a).

A Covid-19 possui um espectro clínico muito amplo. Sua apresentação clínica mais comum é uma infecção respiratória leve e, menos comumente, pneumonia com febre, tosse e dispneia. Outros sinais e sintomas, como odinofagia, anosmia (perda de olfato), ageusia (perda de paladar), dores musculares, diarreia, dor torácica e cefaleia, entre outros, fazem parte da infecção aguda (Rader *et al.*, 2020).

De fato, a vigilância das doenças infecciosas constitui uma ferramenta fundamental para uma rápida detecção do aumento inesperado de casos de doenças inusitadas, como, por exemplo, aquelas causadas pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). Diversas estratégias de vigilância são utilizadas para contribuir no rastreamento de casos e diagnósticos de doenças pelos profissionais da saúde, como a vigilância sindrômica e sentinela, ou rastreadas em laboratórios (vigilância de base laboratorial). A vigilância engloba setores/atores que trabalham simultaneamente com o sistema de prestação de cuidados em saúde, os laboratórios de saúde pública e os epidemiologistas, além dos componentes básicos de coleta, análise e disseminação da informação de forma oportuna, buscando direcionar as respostas de prevenção (Davis *et al.*, 2000).

Entre esses setores, os LACENs constituem uma importante ferramenta da vigilância epidemiológica e sanitária, uma vez que possibilitam a realização de exames laboratoriais para

a identificação de agentes etiológicos de quadros nosológicos, o monitoramento de ações de controle e a participação em inquéritos epidemiológicos (Santos, 1997). No Brasil, os resultados dos exames de laboratório dos LACENs são organizados em um Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL), que possibilita a comunicação de toda a rede de laboratórios que executam exames de interesse da saúde pública, o controle e monitoramento dos diagnósticos e a viabilização dos dados laboratoriais para a vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental nos níveis municipal, estadual e nacional (Jesus *et al.*, 2013).

O diagnóstico oportuno favorece em muitos casos um tratamento satisfatório para o paciente, bem como medidas de controle em casos infecciosos e de rápida infecção, como o coronavírus. Imediato aos primeiros casos diagnosticados no Brasil, a OMS não apresentava estratégias de apoio diagnóstico clínico em todas as unidades de saúde, pois os centros nacionais de influenza eram até aquele momento os únicos laboratórios com capacidade instalada para confirmação diagnóstica por meio da metodologia RT-PCR (Corman *et al.*, 2020).

A metodologia RT-PCR para condições respiratórias, apresentava uma limitação de testagens no Brasil, exceto nos LACEN-PA e o LACEN-BA que já realizavam em quantidades adequadas a testagem para a necessidade local, enquanto os demais estados aguardaram a ampliação da capacidade de testagem a nível de laboratórios públicos. A necessidade de ampliação e as reorganizações de estratégias vinculadas aos laboratórios eram em sua fase inicial emergencial direcionadas à promoção de maior controle e registro de acometimentos pela Covid-19 (Governo do Estado do Paraná, 2020; Pereira *et al.*, 2021).

Em um momento marcado pelo medo, riscos, luto e insegurança mundial, os laboratórios de saúde pública passaram por diversas adequações, a fim de promover maior atendimento público, além da rápida detecção e transmissão da informação em saúde. O papel dos laboratórios de saúde pública passou a ter maior objetivo em diagnósticos e promoção de notificações em saúde pública, favorecendo a vigilância genômica do SARS-CoV-2 e permitindo assim uma análise dos indicadores de vigilância em saúde (Chen *et al.*, 2020; Chen; Liu; Guo, 2020). Com isso, forneceu-se aos gestores dos serviços de saúde a possibilidade de desenhar estratégias de contenção da curva em constante crescimento do coronavírus (Silva Junior *et al.*, 2020; Barbieri *et al.*, 2023).

Ainda sobre a necessidade de adaptações, os laboratórios de saúde pública participaram ativamente de levantamento de dados e amostras que promoveram a criação de vacinas, e o planejamento estratégico baseado nas notificações de casos no Brasil, o que impactou positivamente na mudança de posição do Brasil nos *rankings* de maiores óbitos pelo novo

coronavírus proporcionalmente no mundo, principalmente por compor um sistema de saúde gratuito (Pereira *et al.*, 2021).

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 SARS-CoV-2

O *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2), considerada como uma possível doença zoonótica, mais infeccioso que o SARS-CoV (2002 na China) e MERS-CoV (2012 na Arábia Saudita), se originou na cidade de Wuhan, localizada na província de Hubei na China, no final de 2019 em um grupo de pacientes com pneumonia de origem desconhecida com histórico de terem passado no Mercado Atacadista de Frutos do Mar de Wuhan (comercio vendedor de aves vivas, produtos aquáticos e vários outros animais selvagens) (Zhu *et al.*, 2020b; Karamitros *et al.*, 2020).

No ano de 2020 foram isolados em Wuhan cinco genomas do SARS-CoV-2 e em 15 de janeiro de 2020 foi notificado o primeiro caso fatal na cidade. No dia 20 de janeiro foi reportada a infecção entre profissionais de saúde, confirmando assim a transmissão entre seres humanos e no mesmo mês no dia 24 a análise do estudo epidemiológico identificou que, dos 41 pacientes com casos confirmados, 21 tiveram contato com o mercado de frutos do mar em Wuhan (Yi *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020; Guan *et al.*, 2020).

No dia 30 de janeiro de 2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o surto da Covid-19 como uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (Espii) (WHO, 2020a), e no dia 03 de fevereiro de 2020 o Ministério da Saúde (MS) declarou, em virtude dos brasileiros que se encontravam na China, Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (Espin) por meio da portaria MS/GM nº 188 (Brasil, 2020a). No mesmo ano, no dia 11 de fevereiro, a OMS explicou que a doença causada pelo SARS-CoV-2 se chamaria doença pelo coronavírus (Covid-19) (WHO, 2020c).

No Brasil, o relato do primeiro caso da Covid-19 foi confirmado em 26 de fevereiro de 2020 em um residente do estado de São Paulo que tinha retornado da Itália, o que nas semanas seguintes casos suspeitos começaram a ser notificados em quase todas as Unidades da Federação (UFs) (Brasil, 2020b). No dia 11 de março, acumulava cerca de 121.241 casos da doença no mundo, o que fez com que o diretor-geral da OMS declarasse a pandemia da Covid-19 em virtude da dimensão geográfica da doença e dos níveis alarmantes de propagação e gravidade (WHO, 2020a).

Em 11 de março de 2020 o Brasil registra o primeiro caso de óbito pela doença, e no dia 20 de março do mesmo ano foi declarado que a transmissão da Covid-19 passou a ser considerada comunitária em todo o território nacional. No dia 26 de abril de 2020, o Brasil

estava em 2º lugar entre os países da América em relação ao número de infectados (60.888) e em 12º em número de óbitos (3.670) (WHO, 2020a; Brasil, 2020c).

## 1.2 VARIANTES DO SARS-CoV-2

A nomenclatura para definição das variantes foi definida pelo grupo de especialistas da OMS com base na transmissibilidade, virulência, alterações fenotípicas e propagação, o que sugeriu a utilização de letras do alfabeto grego com a justificativa de serem mais fáceis para discussão por qualquer público. As variantes foram classificadas em Variantes de Interesse (VOI) ou Variantes de Preocupação (VOC) (WHO, 2021a; OPAS, 2021a).

As VOCs são as variantes que possuem características que podem representar um risco maior à saúde pública em comparação com a linhagens originais, sendo essas características: a) aumento da transmissibilidade ou mudança prejudicial na epidemiologia da doença; b) aumento da virulência ou alteração nas características clínicas da doença; e c) diminuição das estratégias de prevenção e controle (diagnóstico, vacinas e terapias disponíveis). Já as VOIs são variantes que apresentam mutações genéticas que podem alterar o fenótipo do vírus, com os seguintes aspectos: a) causadora de uma transmissão comunitária de vários casos ou agrupamentos de casos de Covid-19 ou foi notificada em vários países; b) ou ser avaliada como VOI pela OMS em consulta ao grupo de acompanhamento do vírus SARS-CoV-2 (OPAS, 2021a; Michelon, 2021) (Quadro 1).

**Quadro 1** - Variantes de preocupação e variantes de interesse do SARS-CoV-2

OMS	Nextstrain clado	Pango linhagem	GISAID clado	Primeira detecção	Primeiras amostras	Mutações características
<b>Variantes de Preocupação (VOC)</b>						
Alfa	20I/501Y.V1	B.1.1.7	GRY GR/501Y.V1	Reino Unido	set. 2020	H69/V70del, Y144del, N501Y, A570D, P681H, S106/G107/F108del
Beta	20H/501Y.V2	B.1.351	GH/501Y.V2	África do Sul	ago. 2020	L242/A243/L244del, K417N, E484K, N501Y, S106/G107/F108del
Gama	20J/501Y.V3	B.1.1.28.1 Conhecida como P.1	GR/501Y.V3	Brasil e Japão	dez. 2020	K417T, E484K, N501Y, S106/G107/F108del

Legenda: GISAID: *Global Initiative on Sharing All Influenza Data*; VOC: Variantes de Preocupação.  
Fonte: Michelon, 2021.

**Quadro 1 – Variantes de preocupação e variantes de interesse do SARS-CoV-2**  
(Continuação)

OMS	Nextstrain clado	Pango linhagem	GISAID clado	Primeira detecção	Primeiras amostras	Mutações características
<b>Variantes de Preocupação (VOC)</b>						
Delta	21A/S:478K	B.1.617.2	G/452R.V3	Índia	out. 2020	T19R, G142D, 156del, 157del, R158G, L452R, T478K, D614G, P681R, D950N
Omicron	21K/21L/22A	B.1.1.529 e sublinhagens (ex: BA.1, BA.2, BA.5)	GRA	África do Sul e Botsuana	nov. 2021	S: H69/V70del, T95I, G142D, N211del, L212I, ins214EPE, G339D, S371L, S373P, S375F, K417N, N440K, G446S, S477N, T478K, E484A, Q493R, G496S, Q498R, N501Y, Y505H, T547K, D614G, H655Y, N679K, P681H, N764K, D796Y, Q954H, N969K, L981F
<b>Variantes de Interesse (VOI)</b>						
Epsilon	20C/S:452R	B.1.427/B.1.429	GH/452R.V1	Estados Unidos da América	jun. 2020	L452R, W152C, S13I, D614G
Zeta	20B/S:484K	B.1.1.28.2 Conhecida como P.2	GR	Brasil	abril 2020	L18F, T20N, P26S, F157L, E484K, D614G, S929I, V1176F
Eta	20A/S:484K	B.1.525	G/484K.V3	Múltiplos países	dez. 2020	H69/V70del, Y144del, Q52R, E484K, Q677H, D614G, S116E, S929I, V1176F
Teta	20B/S:265C	B.1.1.28.3 Conhecida como P.3	GR	Filipinas e Japão	fev. 2021	L141-143del, E484K, N501Y, P681H
Iota	20C/S:484K	B.1.526	GH	Estados Unidos da América	nov. 2020	L5F, T95I, D253G, D614G, A701V, E484K, S477N, Q957R
Kapa	21A/S:154K	B.1.617.1	G/452R.V3	Índia	out. 2020	T95I, G142D, E154K, L452R, E484Q, D614G, P681R, Q1071H
Lambda	21G	C.37	GR/452Q.V1	Peru	dez. 2020	246-252del, T76I, L452Q, F490S, D614G, T859N

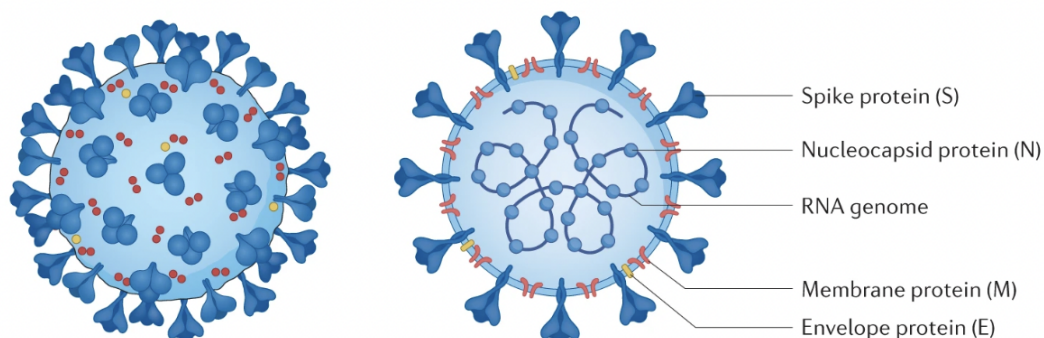
Legenda: GISAID: *Global Initiative on Sharing All Influenza Data*; VOC: Variantes de Preocupação; VOI: Variantes de Interesse.

Fonte: Michelin, 2021.

### 1.3 ETIOPATOGENESE

Os coronavírus (CoVs) são vírus que apresentam um envelopamento com diâmetros de 60 a 130nm com um genoma de ácido ribonucleico (RNA), com presença de fita simples de sentido positivo com tamanho que varia entre 26 a 32 kilobases (Kb). Eles podem ter em uma morfologia capsídeos pleomórficos e projeções radiais superficiais com formato que se assemelha a uma coroa, daí o nome coronavírus (Schoeman; Fielding, 2019).

O SARS-CoV-2 se assemelha em torno de 79% com o SARS-CoV, pertence ao gênero Sarbecovirus (Gorbalenya *et al.*, 2020). O SARS-CoV-2 codifica uma gama de proteínas estruturais (proteína de membrana, proteína do nucleocapsídeo, proteína do envelope e glicoproteína spike), proteínas não estruturais (a maioria compõe o complexo de replicação e transcrição viral) e proteínas acessórias. As proteínas estruturais em conjunto com a bicamada lipídica de origem do hospedeiro geram um vírion envelopado (partícula viral) que carrega o RNA genômico viral para dentro da célula (V'Kovski *et al.*, 2021; Redondo *et al.*, 2021) (Figura 1).

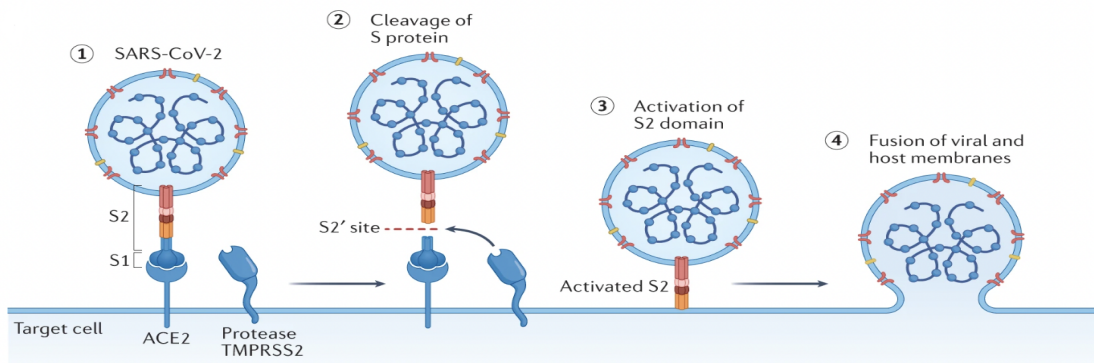


**Figura 1** - Patogênese molecular e celular do SARS-CoV-2

Fonte: Lamers; Haagmans, 2022.

A principal estrutura que favorece o tropismo do coronavírus é a glicoproteína spike, que forma trímeros na superfície dos vírions (Hulswit; De Haan; Bosch, 2016). A proteína spike consiste em duas subunidades como: subunidades S1 que se conectam ao receptor de entrada do hospedeiro, enzima conversora de angiotensina 2 (ACE2), e a subunidade S2 que medeia a fusão da membrana (Zhou *et al.*, 2020). As duas subunidades são separadas pelo sítio S1-S2, que apresenta um motivo de clivagem de furina e é clivado na célula produtora do vírus. Após a ligação à ACE2 na célula alvo, a proteína spike é clivada pela serina protease transmembrana TMPRSS2 no sítio S2, fazendo com que sejam ativados os trímeros da subunidade S2 para

função das bicamadas lipídicas virais e do hospedeiro, liberando o complexo de ribonucleoproteína viral na célula (Hoffmann *et al.*, 2020; Beumer *et al.*, 2021) (Figura 2).

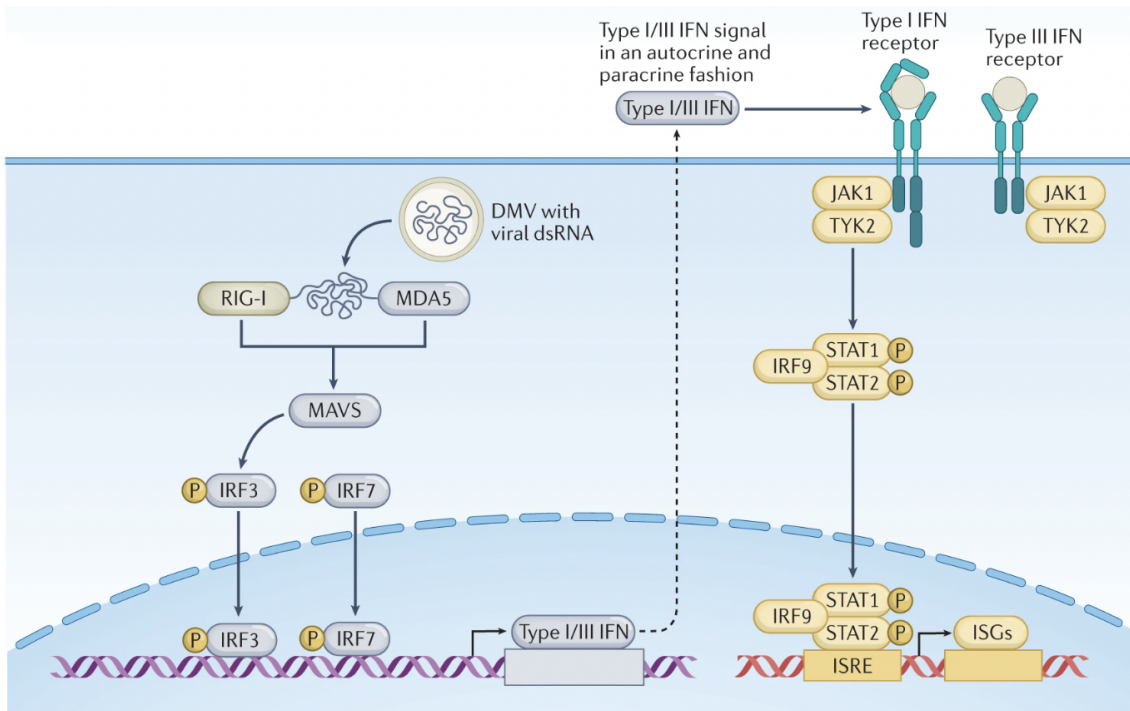


**Figura 2** - Subunidades da proteína Spike do SARS-CoV-2

Fonte: Lamers; Haagmans, 2022.

Em seres humanos, as primeiras células alvo do SARS-CoV-2 são as células multiciliadas da nasofaringe ou traqueia, além das células sustentculares da mucosa olfatória nasal (Ahn *et al.*, 2021). Após a invasão celular, o genoma de sentido positivo do vírus inicia a produção de proteínas virais, incluindo as proteínas replicases, que criam fábricas de replicação a partir das membranas do retículo endoplasmático. Essas fábricas são compostas por vesículas de membrana dupla, onde ocorre a transcrição do RNA, protegendo os intermediários de RNA de fita dupla (dsRNA) da detecção por receptores de reconhecimento de padrões citoplasmáticos (Ogando *et al.*, 2020).

Acredita-se que o reconhecimento de padrões citoplasmáticos capaz de detectar o SARS-CoV-2 seja o MDA5, que proporciona a identificação de dsRNA longos e inicia uma transcrição de interferons tipo I e tipo III (Figura 3). Esses interferons quimiocinas também são fabricados por células epiteliais espectadoras e células imunes locais, como os neutrófilos e macrófagos em sinalização a identificação do SARS-CoV-2 por meio dos receptores Toll-like endossomais (TLRs) ou por meio dos efeitos parácrinos de interferons produzidos localmente (os interferons servem como sinalizadores de forma autócrina e parácrina para induzir um estado celular antiviral por meio da produção de genes estimulados por interferon) (Sampaio *et al.*, 2021).



**Figura 3** - Subunidades da proteína Spike do SARS-CoV-2

Fonte: Lamers; Haagmans, 2022.

Neste processo, a produção de citocinas gera respostas adaptativas de células B e T que proporcionam a eliminação do vírus, sendo que, se o mesmo não for eliminado de maneira inata ou adaptativa, pode ocorrer a contaminação do trato respiratório inferior por causa da inalação de partículas virais do trato respiratório superior ou pela contaminação gradativa pela árvore traqueobrônquica. Caso o vírus atinja primeiro o trato respiratório inferior, pode ocorrer a infecção dos alvéolos associado a inflamação e limitação das trocas gasosas, sendo que o SARS-CoV-2 acomete principalmente as células alveolares tipo 2 (AT2), sendo as tipo 1 (AT1) as que cobrem grande parte da superfície alveolar e mediam as trocas gasosas, e as AT2 secretam surfactantes pulmonares necessários para a lubrificação do pulmão, promovendo a diminuição da tensão alveolar durante a respiração (Salahudeen *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2020).

#### 1.4 NOTIFICAÇÃO DOS CASOS DA COVID-19

A notificação da Síndrome Gripal (SG), oriunda da Covid-19, se tornou universal, com notificação compulsória e imediata no e-SUS Notifica, sistema esse lançado em 27 de março de 2020, para registro dos casos de SG tanto leves como moderados em todo o território nacional. Com isso, os casos suspeitos ou confirmados de SG por Covid-19 são notificados no

e-SUS Notifica e os casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) no Sivep-Gripe (Brasil, 2020d).

### 1.5 FATORES DE RISCO PARA COVID-19

São considerados pela OMS como pessoas com fatores de risco para o SARS-CoV-2 idosos acima de 60 anos (risco aumenta conforme a idade); presença de comorbidade como diabetes, hipertensão arterial, doenças cardíacas, doença pulmonar crônica, doença vascular, demência, transtornos mentais, doença renal crônica, imunossupressão (incluindo HIV), obesidade e câncer; gestantes; tabagistas; e pessoas não vacinadas contra a Covid-19 (WHO, 2023a).

### 1.6 MEIOS DE TRANSMISSÃO

A transmissão da Covid-19 ocorre por contato direto ou por meio de gotículas respiratórias ou por aerossóis (Reinhardt, 2022). Essa transmissão depende da quantidade de carga viral e o tipo de contato que a pessoa tem com a outra, além do ambiente. Os meios de transmissão podem ser descritos da seguinte forma (WHO, 2021b):

- Por contato direto quando a pessoa infectada por exemplo cumprimenta uma outra pessoa seguida por toque nos olhos, no nariz ou boca ou por objetos e superfícies contaminadas;
- Por exposição ao contato de gotículas respiratórias expelidas que contenham o vírus por uma pessoa quando ela tosse, espirra, fala e respira, ainda mais, se a pessoa estiver a menos de um metro de distância de outra pessoa;
- Por meio de partículas respiratórias menores (aerossóis) que contenham o vírus, que podem estar presentes no ar e serem inspiradas a uma curta distância ou que podem estar presentes no ar por uma distância maior que um metro de distância e por longos períodos (chamada de transmissão aérea de longa distância). Em 2024 a OMS atualizou a terminologia sobre o modo de transmissão de patógenos não mais especificando se são por gotículas ou aerossóis, mudança essa empregada para estudos de síntese de evidências, discussões científicas e pesquisas multidisciplinares (WHO, 2024).

Além disso, pessoas infectadas tendem a transmitir mais vírus antes do aparecimento dos sintomas (período de incubação) ou no início da doença (período que ainda estão assintomáticas – transmissão pré-sintomática) (WHO, 2021c). A OMS estima que pessoas

sintomáticas têm maior probabilidade de testar positivo para a Covid-19 e conseqüentemente mais chance de transmitir o SARS-CoV-2, no entanto metade dos casos (50%) foram transmitidos por pessoas assintomáticas ou em fase pré-sintomáticas (CDC, 2021; WHO, 2023a). Em vista disso, e com o surgimento da variante Omicron, tem-se adoção do período de transmissão de 2 dias antes do início dos sintomas e até 10 dias após.

### 1.7 PERÍODO DE INCUBAÇÃO

É considerado como período de incubação a data entre o primeiro contato com o SARS-CoV-2 até a primeira manifestação dos sintomas, que no caso da Covid-19 apresenta uma amplitude de 1 a 14 dias (CDC, 2024a) e com o aparecimento das variantes da Covid-19: Alpha, Beta e Delta (média 4,3 dias); Gama (média de 5 dias); Omicron (média de 3 a 4 dias) para o aparecimento dos sintomas (CDC, 2023a; Galmiche *et al.*, 2023).

### 1.8 MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS

A infecção por SARS-CoV-2 pode se manifestar de maneira assintomática ou com variações no quadro clínico de leves até quadros moderados, graves e críticos, sendo de extrema importância a observação dos sinais e sintomas da doença que podem ser intensificados e levar a hospitalização, como: febre, tosse, dor de cabeça, mialgia, diarreia, dor no peito, falta de ar, ageusia e olfato (Chen *et al.*, 2020). Também pode ocorrer, mesmo que menos frequente, dores abdominais, tontura, diarreia, náuseas e vômitos. Nos casos graves pode-se desenvolver quadro de pneumonia, síndrome respiratória aguda grave, insuficiência renal, falha múltiplas de órgãos e morte, conforme classificação a seguir (Franco; Landgraf; Pinto, 2020; WHO, 2025b):

- Casos assintomáticos: caracterizado por ausência de sinais e sintomas, mesmo com exame laboratorial positivo;
- Casos leves: presença de algum dos sinais e sintomas descritos anteriormente, mas sem alterações radiográficas ou presença de dispneia;
- Casos moderados: caracterizado pela presença da doença no trato respiratório inferior durante o exame de imagem ou anamnese clínica, a saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) fica maior ou igual a 94% em ar ambiente;
- Casos graves: indivíduos que estejam com quadro clínico de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) com presença de dispneia ou desconforto respiratório ou pressão

no tórax ou SpO<sub>2</sub> menos que 94% em ar ambiente ou mudança na cor dos lábios ou rosto.

Em crianças e adolescentes, os quadros clínicos se apresentam com taquipneia (com incursões respiratórias maiores que 70 incursões respiratórias por minuto [Irpm] para menores de 1 ano e maior que 50 irpm para menores de 1 ano), hipoxemia, desconforto respiratório, alterações da consciência, desidratação, dificuldade para se alimentar, lesão miocárdica, elevação de enzimas hepáticas, disfunção da coagulação, rabdomiólise, cianose central ou SpO<sub>2</sub> <90-92% em repouso (Brasil, 2022a; Moura *et al.*, 2023).

## 1.9 DIAGNÓSTICO DO SARS-COV-2

Os pacientes infectados pelo vírus desenvolvem uma Síndrome Gripal (SG), cujo diagnóstico pode ser feito por meio de anamnese clínica e exame físico para identificação de sinais e sintomas associados a Covid-19. No processo de anamnese é considerado o histórico de contato próximo ou nos últimos 7 dias antecedentes ao aparecimento do primeiro sintoma com pessoas já contaminadas pelo vírus do SARS-CoV-2 (Xavier *et al.*, 2020).

Já o diagnóstico laboratorial é feito por meio de testes de biologia molecular e pelos testes rápidos de antígenos (TR-Ag) (CDC, 2023b).

### 1.9.1 Metodologias para Diagnóstico Laboratorial da Covid-19

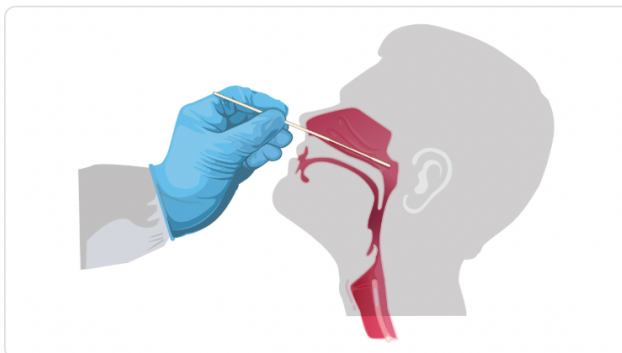
#### 1.9.1.1 RT- PCR em tempo real

A RT-PCR continua sendo o padrão ouro para o diagnóstico do SARS-CoV-2 ainda na fase aguda (WHO, 2022), permitindo ser identificada a presença do vírus da nasofaringe até o 8º dia de início dos sintomas ou em caso de internados a amostra pode ser coletada até o 14º dia de início dos sintomas (Brasil, 2022b).

As amostras de RT-PCR são coletadas com base nas seguintes orientações: (Brasil, 2023b):

- As amostras coletadas no trato respiratório superior são obtidas até o sétimo dia após o início dos sintomas (fase aguda da doença), obtidas por aspiração na nasofaringe (ANF) ou swab combinado (nasal/oral);
- Devem ser adotadas as seguintes medidas de biossegurança: uso de gorro, máscara, óculos, luvas e jalecos;

- *Swab* de nasofaringe: durante o processo de coleta deve ser realizada fricção do *swab* na região posterior do meato nasal para se tentar obter um pouco das células da mucosa (Brasil, 2023b) (Figura 4).



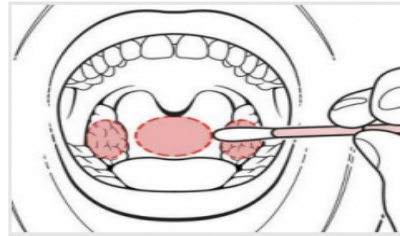
**Figura 4 - *Swab* Nasofaringe**

*Fonte: CDC, 2024b.*

A coleta deve ser realizada seguindo os seguintes procedimentos (CDC, 2024b):

- Posicione a cabeça do paciente inclinada para trás em um ângulo de aproximadamente 70 graus.
- Introduza cuidadosamente um *swab* de haste flexível (plástico ou metálica) com ponta pequena pela narina, mantendo-o paralelo ao palato, sem direcioná-lo para cima. Avance até sentir leve resistência ou atingir a profundidade correspondente à distância entre a narina e a orelha, o que indica o alcance da nasofaringe.
- Realize movimentos suaves de rotação e fricção com o *swab* na mucosa. Mantenha-o por alguns segundos na região para garantir a absorção adequada das secreções. Retire o *swab* lentamente, girando-o ao longo da remoção.
- Caso a extremidade do cotonete esteja saturada após a coleta em uma narina, não é necessário repetir o procedimento na outra. Contudo, se houver obstrução nasal ou desvio de septo que impeça a coleta por um lado, utilize a mesma haste para realizar a coleta pela outra narina.
- Após a coleta, insira o *swab*, com a ponta voltada para baixo, no tubo de transporte apropriado.

- *Swab* de orofaringe: utilizando um novo *swab*, após abrir a cavidade oral, faça movimentos de fricção na parede posterior da faringe e nas regiões amigdalíneas, tanto à direita quanto à esquerda, conforme indicado na Figura 5.



**Figura 5 - Swab Orofaringe**

Fonte: Brasil, 2023b.

#### 1.9.1.2 *Reverse Transcriptase Loop-Mediated Isothermal Amplification* (RT-LAMP)

A saliva é uma das amostras que podem ser utilizadas na aplicação do RT-LAMP, assim como o lavado nasal, o aspirado nasofaríngeo, o soro ou o plasma, sendo este último menos comum (Kellner *et al.*, 2022). Essa técnica é mais simples que o RT-PCR e dispensa o uso de equipamentos laboratoriais complexos, como o termociclador em tempo real. O RT-LAMP é utilizado como alternativa ao RT-PCR (Brasil, 2022e).

#### 1.9.1.3 Teste rápido de antígeno (TR-AG)

Utiliza-se da metodologia de imunocromatografia, *point-of-care*, que possibilita a identificação do vírus SARS-CoV-2, sendo bastante utilizado por possibilitar um diagnóstico oportuno. Considerado vantajoso por ser de fácil manuseio, baixo custo, por possibilitar que o resultado fique pronto em torno de 15 a 20 minutos e por não necessitar de um ambiente laboratorial e de equipamentos para processamento das amostras (Brasil, 2022b).

#### 1.9.1.4 Elisa, Clia ou Eclia

São utilizados para identificar os anticorpos IgM, IgG e IgA presentes no soro do paciente. A coleta deve ser realizada após o oitavo dia do início dos sintomas, quando a resposta imune já está mais desenvolvida. São testes laboratoriais com maior sensibilidade (Brasil, 2022b) (Figura 6).

METODOLOGIA LABORATORIAL	OBJETIVO	FASE DA DOENÇA	PERÍODO DE COLETA	TIPO DE AMOSTRA
RT-qPCR	Detecta RNA do vírus SARS-CoV-2.	Fase aguda ou período virêmico.	Pacientes com síndrome gripal: entre o 1º e o 8º dia de sintomas.	Amostra de nasofaringe.
			Pacientes Internados com SRAG: entre o 1º e o 14º dia de sintomas.	Amostras de nasofaringe ou do trato respiratório inferior como escarro, aspirado traqueal e lavado broncoalveolar.
Teste rápido de antígeno	Detecta proteína do vírus SARS-CoV-2.	Fase aguda ou período virêmico.	1º ao 7º dia de sintomas.	Amostra de nasofaringe ou nasal.
ELISA, CLIA ou ECLIA	Detecta anticorpos IgM, IgG e IgA.	Fase convalescente.	Após o 8º dia do início dos sintomas.	Amostras de soro.
Teste rápido de anticorpo	Detecta anticorpos IGM e IgG.	Fase convalescente.	Após o 8º dia do início dos sintomas.	Amostras de sangue total, soro ou plasma.

**Figura 6** - Metodologias para diagnóstico da Covid-19 por fase da doença e período da coleta

Fonte: Brasil, 2022b.

#### 1.9.1.5 Teste rápido de anticorpos (imunocromatográfico)

Essa técnica detectam os anticorpos IgM e IgG contra o vírus, sendo recomendado sua aplicação após o oitavo dia do início dos sintomas. Apresenta uma menor sensibilidade em comparação com os métodos automatizados (Figura 6).

### 1.10 MEDIDAS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DA COVID-19

As entidades da saúde determinaram diversas estratégias não farmacológicas para a prevenção da Covid-19, que incluem as medidas de restrição de contato até *lockdown* (restrição total da circulação de pessoas na sociedade e funcionamento de serviços em geral), entre elas (Brasil, 2020e; Garcia, 2020; Barreto *et al.*, 2021; Houvèssou; Souza; Silveira, 2021):

- Uso de máscaras descartáveis, PFF2/N95 ou máscaras descartáveis ou de pano, em casa ou em público;
- Evitar contato com pessoas imunocomprometidas ou que apresentem fatores de risco para piora do quadro clínico da Covid-19;
- Rastreamento de Contato;
- Evitar locais que tenha aglomerado de pessoas, entre os quais se encontram transporte público e locais nos quais não se tenha como manter o distanciamento social;
- Evitar idas a bares ou restaurantes que não se possa usar a máscara o tempo todo;

- Evitar viagens durante o período; e
- Medidas de *lockdown*.

### 1.10.1 Isolamento Social e Quarentena

Foram estratégias adotadas por órgãos governamentais da saúde com objetivo de proteger a população e mitigar a disseminação do SARS-CoV-2. Sendo conhecido como isolamento a separação das pessoas infectadas dos não infectados durante o período de transmissibilidade da doença, ou seja, as pessoas infectadas devem ficar isoladas por 7 dias completos a partir do aparecimento do primeiro sintoma (casos sintomáticos) ou a partir da data da coleta laboratorial nos casos assintomáticos. Vale destacar que, em casos em que mesmo após os sete dias a pessoa ainda apresente os sintomas e esteja impossibilitada de utilizar máscara de proteção facial, deve-se aumentar o isolamento por 10 dias completos (Brasil, 2022b).

A quarentena é uma estratégia adotada para restringir o movimento de pessoas que podem ter sido expostas a uma doença contagiosa (mesmo sem apresentar sintomas), com intuito de acompanhar o estado de saúde dessas pessoas durante a fase de incubação do vírus e assim evitar que, caso estejam infectadas, contaminem outras pessoas (Brasil, 2022c). O tempo de isolamento e/ou quarentena dependerá do desfecho do caso sintetizado no quadro 2.

**Quadro 2** - Síntese das recomendações para isolamento de pacientes com quadros leves da Covid-19

Características	Tempo em dias completo*		
	5 dias	7 dias	10 dias
Manifestações Clínicas	Ao 5º dia, se o caso estiver sem sintomas respiratórios e sem febre e sem uso de medicamentos antitérmicos há pelo menos 24 horas.	Ao 7º dia, se o caso estiver sem sintomas respiratórios e sem febre e sem uso de medicamentos antitérmicos há pelo menos 24 horas.	Ao 10º dia completo, se o caso estiver sem sintomas respiratórios sem febre e sem uso de medicamentos antitérmicos há pelo menos 24 horas.
Teste Laboratorial	Com testagem no 5º dia com RT-qPCR ou TR-Ag	Não é necessário testar para suspender o isolamento.	Não é necessário testar para suspender o isolamento.

\*Considerado como dia completo: o dia 0 é o dia do início dos sintomas, e o dia 1 o primeiro dia completo (24 horas) após o início dos sintomas, e assim sucessivamente.

Fonte: Brasil, 2022b (Adaptado).

**Quadro 2 - Síntese das recomendações para isolamento de pacientes com quadros leves da Covid-19 (Continuação)**

Características	Tempo em dias completo*			
	5 dias		7 dias	10 dias
Resultado	Se der negativo	Se der positivo	Não requer testagem	Não requer testagem
Desfecho sobre o isolamento	Suspender o isolamento após 5 dias	Manter o isolamento até o 10º dia	Suspender o isolamento após 7 dias completos e manter as medidas adicionais até o 10º dia.	Suspender o isolamento no 10º dia completo do início dos sintomas e manter as medidas de prevenção e controle.

\*Considerado como dia completo: o dia 0 é o dia do início dos sintomas, e o dia 1 o primeiro dia completo (24 horas) após o início dos sintomas, e assim sucessivamente.

Fonte: Brasil, 2022b (Adaptado).

### 1.10.2 Vacinas

O desenvolvimento das vacinas para a Covid-19 se tornou um marco histórico, sendo a primeira aprovada de forma emergencial no mundo a Pfizer-BioNTech (BNT162b2), no Reino Unido, em 2 de dezembro de 2020, seguida por aprovações, nas semanas seguintes, em outros países do mundo (UK, 2020; Polack *et al.*, 2020). No Brasil, a vacinação teve início em 17 de janeiro de 2021, com a aplicação emergencial da AstraZeneca/ Oxford (AZD1222) autorizada pela Anvisa (Anvisa, 2021), concomitante com a aplicação da CoronaVac, desenvolvida pelo Instituto Butantan em parceria com a Sinovac (farmacêutica Chinesa) (Brasil, 2021c). Atualmente, em 2025, as vacinas incluídas no Programa Nacional de Imunização são:

- Pfizer (Comirnaty): também composta por RNA mensageiro (RNAm) de cadeia simples envolto em nanopartículas lipídicas com estrutura purificada, também produzida em transcrição *in vitro* sem células a partir dos modelos de DNA correspondente (Pfizer, 2023);
- Moderna (Spikevax): composta por RNA mensageiro (RNAm) de cadeia simples, fabricada utilizando transcrição *in vitro* em um sistema livre de células a partir dos moldes correspondentes de DNA (codifica a proteína S – spike) (Adium, 2024); e
- Serum/Zalika: é uma vacina com proteína Spike combinada com o adjuvante Matrix-M fabricado a partir de DNA recombinante. Sendo tolerante e adequada em pessoas com

12 anos de idade ou mais. Essa vacina ainda não está incluída no Programa Nacional de Imunização (Zalika, 2024).

A OMS aconselha a vacinação periódica com vacinas atualizadas de acordo com os grupos de risco, entre eles idosos, adultos com comorbidades ou obesidade grave, pessoas imunocomprometidas, gestantes e profissionais da saúde. As vacinas devem ser atualizadas de acordo com novas cepas do vírus, guiada pela RDC nº 905 de 18 de setembro de 2024 da Anvisa (descreve a composição das vacinas para a Covid-19 no Brasil) (Anvisa,2024a) e publicação da Instrução Normativa nº 316 de 18 de setembro de 2024 (Anvisa, 2024b).

Em 2023, o MS estabeleceu a vacinação contra a Covid-19 para toda a população a partir de 6 meses de idade, com esquema vacinal de 2 doses para a população maior de 5 anos de idade e para crianças entre 3 e 4 anos que iniciaram o esquema com a CoronaVac. Para as crianças a partir dos 6 meses de idade foi recomendada 3 doses da Pfizer e para crianças de até 4 anos de idade. A Política Nacional de Imunização (PNI) reforçou as recomendações para uma dose de reforço na população entre 3 e 4 anos, para as crianças que começaram a vacinação com a CoronaVac; 5 a 11 anos; 12 a 39 anos de idade; e a administração de 2 doses de reforço na população de  $\geq 40$  anos e para os trabalhadores da área da saúde independente da faixa etária (Brasil, 2024).

Frente a isso, a vacina contra a Covid-19 passou a compor o calendário nacional de vacinação para idosos com 60 anos ou mais de idade e para gestantes e os demais grupos da população serão vacinados de acordo com a vacinação especial a serem descritos no Quadro 3.

**Quadro 3 - Grupos para vacinação de rotina e especial de acordo com o calendário nacional de vacinação contra a Covid-19**

<b>Grupos</b>	<b>Vacinação de rotina</b>
Incluídos no Calendário Nacional de Vacinação	Crianças de 6 anos a menores de 5 anos de idade.
	Pessoas de 60 anos ou mais de idade.
	Gestantes
Vacinação Especial	Pessoas imunocomprometidas a partir de 5 anos de idade <sup>a</sup>
	Povos e Comunidades tradicionais ribeirinhas e quilombolas
	Puérperas e Trabalhadores de saúde
	Pessoas com deficiência permanente
	População privada de liberdade e funcionários
	Pessoas com comorbidade <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Pessoas vivendo com HIV (PVHIV); pessoas com doenças inflamatórias imunomediadas em atividades em uso de corticoides; crianças: doses de prednisona ou equivalente  $\geq 2\text{mg/kg/dia}$  por mais de 14 dias até 10kg; pessoas em uso de imunossuppressores e/ou imunobiológicos que levam à imunossupressão; pessoas com erros inatos da imunidade (imunodeficiências primárias); pessoas com doença renal crônica em hemodiálise ou outras terapias substitutivas; pacientes oncológicos que realizam ou realizam tratamento quimioterápico ou radioterápico e estão em acompanhamento; e pessoas com neoplasias hematológicas.

<sup>b</sup> Diabetes mellitus; pneumopatias crônicas graves; hipertensão arterial resistente (HAR); hipertensão arterial (grau 1,2 e 3); insuficiência cardíaca; cor pulmonale e hipertensão pulmonar; cardiopatia hipertensiva; síndromes coronarianas crônicas; valvopatias; miocardiopatias e pericardiopatias; doença da aorta e fistulas arteriovenosas; arritmias cardíacas; cardiopatias congênitas em adultos; próteses valvares e dispositivos cardíacos implantados; doenças neurológicas crônicas e distrofias musculares; doença renal crônica; hemoglobinopatias e disfunções esplênicas graves; obesidade mórbida; Síndrome de Down e outras trissomias; e doenças hepáticas crônicas.

Fonte: elaboração própria, 2025.

### **1.11 MANEJO FARMACOLÓGICO DOS SINAIS E SINTOMAS DO SARS-CoV-2**

No caso da Covid-19 é realizado o manejo dos sinais e sintomas relatados pelos pacientes pela equipe multidisciplinar de acordo com o grau de severidade da doença (Brasil, 2024). No nível ambulatorial, a maioria dos pacientes apresentam sintomas leves, nos quais podem ser aplicados medicamentos analgésicos e antipiréticos para melhoria dos sintomas. Em adultos que apresentam alto risco de aumento dos sintomas e agravamento da doença, podem ser utilizados como opção terapêutica antivirais para diminuir o risco de hospitalização ou morte em nível ambulatorial (WHO, 2023b).

No Brasil, estratégias farmacológicas foram utilizadas no controle da infecção pelo vírus SARS-CoV-2 em grupos populacionais específicos com objetivo de diminuir o risco de internações, complicações e óbitos pela Covid-19. O tratamento com antivirais nirmatrelvir e ritonavir (NMV/r) está indicado para pacientes com alto risco de evolução do quadro clínico para o estágio grave da Covid-19 e que tenha o diagnóstico confirmado, com sintomas leves a moderados e que não necessitam do suporte de oxigênio suplementar, independente da condição vacinal a saber (Brasil, 2022d) (Quadro 4):

**Quadro 4 - Dosagem dos antivirais nirmatrelvir e ritonavir**

<b>Grupo</b>	<b>Características do fármaco</b>	
Imunocomprometidos com idade $\geq 18$ anos	Princípio ativo	NMV/r
	Apresentação	Nirmatrelvir (comp. de 150 mg) e ritonavir (comp. de 100 mg)
Pessoas com idade $\geq 65$ anos	Dose (Depende da avaliação do paciente)	2 comp. de 150 mg de nirmatrelvir (300 mg) + 1 comp. de ritonavir (100 mg)
	Frequência/ Período	2 vezes ao dia / 5 dias

Fonte: Brasil, 2022d (adaptado)

## 1.12 CONDIÇÕES PÓS-COVID-19

Algumas pessoas, após infecção da Covid-19, apresentam efeitos longitudinais da doença conhecidos como condições pós-covid-19, que podem acometer qualquer pessoa independente da idade que tenha sido infectado pelo vírus. Essa condição é caracterizada como a ampliação dos sinais, sintomas que continuam a se desenvolver ou se expressar por um período de 4 semanas ou mais após a primeira infecção pelo SARS-CoV-2 e sem justificativa por um diagnóstico alternativo (CDC, 2024c).

As manifestações clínicas das condições pós-covid-19 (Figura 7) podem ser diversas e atingir diversos órgãos e/ou sistemas do corpo (Brasil, 2023c)

CONDIÇÕES PÓS-COVID	
<b>NEUROLÓGICO</b>	<b>CARDIOVASCULAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de memória e concentração (névoa cerebral")</li> <li>• Alteração cognitiva</li> <li>• Cefaleia</li> <li>• Perda de paladar</li> <li>• Perda de olfato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palpitação</li> <li>• Disautonomia</li> <li>• Dor torácica</li> <li>• Arritmias</li> <li>• Trombose/coagulopatias</li> <li>• Intolerância ao esforço físico</li> </ul>
<b>RESPIRATORIO</b>	<b>GASTROINTESTINAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tosse</li> <li>• Dispneia</li> <li>• Taquipneia</li> <li>• Dor torácica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração do hábito intestinal</li> <li>• Náusea/dor epigástrica</li> <li>• Disfagia</li> <li>• Refluxo gastro-esofágico</li> </ul>
<b>MÚSCULO ESQUELÉTICO</b>	<b>OUTROS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mialgia</li> <li>• Artralgia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alopecia</li> <li>• Alterações cutâneas</li> <li>• Desordens endócrinas</li> <li>• Fadiga/Cansaço</li> <li>• Alteração visual</li> </ul>
<b>GENITO-URINÁRIO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disfunção erétil</li> <li>• Alteração menstrual</li> </ul>	

Fonte: Brasil, 2023c.

**Figura 7** - Condições pós-covid-19 mais comuns conforme sistemas do corpo humano

Estudos recentes reportam uma série de manifestações neurológicas persistentes durante a fase aguda da Covid-19, sendo elas: cefaleias, fadiga crônica, alterações cognitivas (dificuldade de memória), disautonomias e alguns casos patologias mais graves como o Acidente Vascular Cerebral (AVC) e a Síndrome de Guillain-Barré (ONG *et al.*, 2023; Tartarini *et al.*, 2024; Kuhlen *et al.*, 2025).

### 1.13 VIGILÂNCIA SANITÁRIA E EPIDEMIOLÓGICA

No século XIV em Veneza se tem registros da atuação da vigilância epidemiológica para a prevenção do contágio com a implementação da quarentena para os navios que chegavam no Oriente com tripulantes acometidos pela cólera, varíola ou febre (Waldeman, 2006). Na idade média até os séculos XVII e XVIII, o termo vigilância tem sido utilizado com a compreensão de isolamento e quarentena devido ao aumento de doenças infecciosas, como a varíola, febre amarela e entre outras (Langmuir, 1971). Neste período a notificação compulsória só era observada nos momentos de aumento inesperado de casos e óbitos (Eyler, 1973).

No Reino Unido durante o século XIX não havia uma prática sistemática de vigilância ativa, somente durante surtos e epidemias que se implementava o monitoramento dos casos e óbitos sob a coordenação do epidemiologista britânico William Farr (Eyler, 1973; Teixeira *et al.*, 2011). Com o desenvolvimento da microbiologia se teve grandes avanços nas pesquisas de doenças infecciosas (agentes etiológicos e de transmissão) com a construção de conceitos para a vigilância epidemiológica (Lilienfeld *et al.*, 1994).

Isso fez surgir no século XIX as primeiras instâncias governamentais para melhoria da saúde (Benchimol, 1999) e a vigilância passa a ser utilizada como instrumento de saúde pública (Waldeman, 1991). No Brasil, em 1808 essas ações de vigilância são notórias, com a transferência da Fisicatura-Mor (órgão responsável pela regulamentação e fiscalização de atividades relacionadas a área da saúde), que passa a aplicar exames para habilitar os diferentes agentes de cura e a cobrança de multa aos que não possuíam habilitação. Além disso, nesse mesmo período, teve-se a criação da Provedoria Mor de Saúde com objetivo central de impedir a entrada de doenças no Brasil (Torres, 2008).

Com a independência do Brasil, as ações no campo da saúde ficaram sobre a responsabilidade das câmaras municipais, que na maioria das vezes restringiam a vacinação antivariólica, em períodos de epidemias, ao controle de escravos doentes nas localidades e entre outras coisas. Em meados do século XIX, o governo, pressionado pelo crescimento de epidemias, realizou mudanças nos serviços de saúde, como a criação do Instituto Vacínico do Império, responsável pela vacinação antivariólica no Rio de Janeiro e pela fiscalização dos serviços de vacinação criados pelas câmaras municipais. Quatro anos mais tarde, teve-se a criação da Junta Central de Higiene Pública, com objetivo de coordenar as atividades centrais da saúde e a fiscalização portuária conduzidas pelas inspetorias dos portos (Junior, 1996).

Nos Estados Unidos da América (EUA), no século XX, foi estabelecido em Atlanta o *Malaria Control in Wars Areas* (MCWA), projeto esse que durante a guerra atuou sobre os treze estados no sudeste dos EUA contra a malária. O MCWA posteriormente se tornou o *Communicable Disease Center* (CDC) (Etheridge, 1992).

Enquanto que no Brasil no século em questão, as ações da vigilância foram difundidas após o aparecimento da epidemia de peste no estado do Rio de Janeiro por meio dos serviços de defesa sanitária que impuseram a notificação obrigatória dos casos de tifo, cólera, febre amarela, peste, varíola, difteria, febre tifoide, tuberculose e lepra ulcerada. A legislação sanitária brasileira, segundo Costa, se descentralizou pelo Rio de Janeiro e São Paulo para a vigilância da cólera, da febre amarela e da peste por meio de ações sanitárias (Costa, 1986).

No mesmo século, foram implementadas as condições necessárias para a construção da vigilância epidemiológica em sua concepção atual, acompanhada em 1939 próximo a II Guerra Mundial, da criação da Rede de Laboratórios de Saúde Pública no Reino Unido com a premissa de identificarem surtos de doenças infecciosas e intoxicação química como essência dos serviços sentinelas e a ideia de inteligência epidemiológica (Waldeman, 2006).

Nesse contexto, o conceito de vigilância foi discutido por Langmuir como uma inteligência epidemiológica centrada no processo de coleta, monitoramento e difusão de dados sem estratégias de controle (Langmuir, 1976). Essas discussões foram inseridas nas ações da vigilância em saúde na 21ª Assembleia da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 1969, que deu origem a uma vigilância hierarquizada tanto em níveis nacionais como internacionais (Fossaert; Llopis; Tigre, 1974), focadas também no controle das doenças crônicas, anomalias congênitas, efeitos colaterais aos medicamentos e riscos ambientais e ocupacionais (Raska; WHO, 1966).

A adjetivação epidemiológica para a vigilância teve sua origem por volta de 1960, por meio da OMS (Thacker; Berkelman, 1988). Raska, também buscou diferenciar a vigilância com a inclusão do termo *epidemiológica* e o aumento das suas estratégias para outras doenças crônicas e transmissíveis. Sua divulgação internacional ocorreu por meio da criação da Unidade de Vigilância Epidemiológica da Divisão de Doenças Transmissíveis da OMS. Com isso, a Vigilância Epidemiológica (VE) começou a ser entendida como o acompanhamento sistemático das doenças na sociedade visando a melhoria das medidas de controle (Waldeman, 1998).

Ainda na década de 60 e 70, no Brasil a vigilância epidemiológica se concentra no controle das doenças infecciosas e transmissíveis, denominada como uma vigilância de casos interligadas às concepções do modelo biomédico. Em 1972 emerge no país as nomenclaturas de *vigilância em saúde* (Paim; Teixeira, 1972), *vigilância à saúde* (Mendes, 1993) e *vigilância da saúde* (Teixeira; Paim; Vilasbôas, 1998).

Em 1976 teve-se a criação do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SNVE) por meio do Decreto 78.321 de 1976 que também o definiu como um arcabouço de informações e investigações essenciais para o planejamento, monitoramento e avaliação de ações de controle de doenças e de agravos e de programas em saúde, tendo como princípio para o seu bom funcionamento a notificação de doenças, as declarações ou atestado de óbito, estudos epidemiológicos realizados por entidades de saúde e emergências em saúde pública plausíveis para a aplicação de medidas coletivas.

As doenças de maior relevância para a época no país pelo SNVE são as doenças do Regulamento Sanitário Internacional (varíola, febre amarela, peste e cólera); doenças relacionadas ao Programa Nacional de Imunização (poliomielite, sarampo, tétano, difteria, coqueluche, raiva, febre tifoide e doença meningocócica); doenças de controle pelo Ministério da Saúde (MS) (malária, hanseníase, tuberculose e meningites em geral) (Brasil, 1976).

No processo de redemocratização do Brasil em 1986 ocorreu a VIII Conferência Nacional de Saúde (Brasil, 1987), um dos eventos mais importantes no ponto de vista político-sanitário, marcada pelo aspecto democrático com visões de diversos atores sociais em prol da formulação da proposta de Reforma Sanitária Brasileira (RSB) (Paiva; Teixeira, 2014), o que proporcionou a concretização das propostas relativas à saúde na constituição de 1988 que deu origem ao Sistema Único de Saúde (SUS) (Brasil, 1988).

Nesse ínterim, a Lei Orgânica da Saúde (LOS) nº 8080, de 1990, regulamenta a importância do sistema de VE e define suas atribuições como um conjunto de ações voltadas para a disseminação do conhecimento, detecção e prevenção de doenças e agravos nos fatores determinantes e condicionantes da saúde (Brasil, 1990a). Além de ter servido de base para a criação da Lei nº 9.782 de 26 de janeiro 1999, que estrutura o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e concebe a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), tendo ela a responsabilidade de desenvolver ações de promoção da saúde e prevenção dos agravos aos bens, serviços e produtos dos seguintes grandes grupos: ambientes (incluindo o de trabalho); serviços de saúde e interesse à saúde; produtos como alimentos, medicamentos, cosméticos, saneantes, entre outros de interesse à saúde (Albuquerque; Carvalho; Lima, 2002; Brasil, 2007; Reinoso *et al.*, 2024).

Com os avanços legislativos e criação do SUS, em 1992 teve-se a reestruturação do SNVE por meio do pacto governamental visando à descentralização das ações e modificações de procedimentos centrados nos programas e fragmentação da atuação da VE (Fundação Nacional de Saúde, 1993). Já em 1996, o Ministério da Saúde (MS) publicou pela primeira vez a Portaria nº 1.100 de 24 de maio de 1996 (Brasil, 1996), que englobava todas as doenças de notificação compulsória após a criação do SUS e reforma administrativa do MS. Após isso, a listagem de doenças de notificação compulsória vem sendo atualizada até a promulgação atual da Portaria GM/MS nº 6.734 de 31 de março de 2025 (Brasil, 2025b). Já em 2018, por meio da Resolução nº 588 de 12 de julho, teve-se a criação da Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS), que perpassa por todos os níveis e formas de atenção à saúde dos serviços tanto públicos como privados, estabeleceu-se de maneira direta e indireta bens de consumo e tecnologias relacionados à saúde (Brasil, 2018).

## **1.14 VIGILÂNCIA GENÔMICA DO SARS-CoV-2**

A saúde pública teve uma transformação no rastreamento das doenças infecciosas e parasitárias com o advento do sequenciamento genômico, o que permite a investigação mais precisa de surtos, proporcionando conhecimento sobre o surgimento e a transmissão de doenças (Sintchenko; Holmes, 2015). Os laboratórios atuam como suporte para a vigilância em saúde, diagnóstico e tipagem de microrganismos (Millar; Xu; Moore, 2007), e a Epidemiologia Molecular combina os métodos tradicionais com as análises de polimorfismos do genoma de patógenos, ambas utilizando tecnologias da biologia molecular como subsídios para as investigações epidemiológicas (Van Belkum *et al.*, 2001).

O aprimoramento das técnicas de biologia molecular tem conferido cada vez mais uma maior sensibilidade e especificidade aos testes diagnósticos e revisão de diretrizes para atendimento às tecnologias emergentes (Millar; Xu; Moore, 2007). Desde o surgimento, na década de 80, da técnica de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), tem aparecido uma variedade de métodos na pesquisa e na rotina clínica microbiológica (Blanc, 2004). As metodologias de tipagem genética são de extrema importância para a detecção oportuna de surtos por meio da identificação das variantes ou linhagens de microrganismos (Armstrong *et al.*, 2019).

### **1.14.1 Desenvolvimento da Vigilância Genômica do SARS-CoV-2 no Brasil**

A vigilância genômica de vírus respiratórios tem sido realizada desde a criação do Sistema de Vigilância de Síndromes Respiratórias no ano 2000 com o sequenciamento do vírus da influenza pelos laboratórios de referência. No ano de 2020, o MS, por meio da CGLAB, propôs a criação da Rede Nacional de Sequenciamento Genético (RNSG) para vigilância em saúde em busca de atender às sugestões propostas pela OMS para que os países investissem na implantação de uma rede de sequenciamento do SARS-CoV-2 (Brasil, 2023a).

A RNSG conta com os seguintes objetivos: diminuir o tempo e os recursos necessários para obter e interpretar os resultados das análises das sequências geradas, por meio do desenvolvimento de conhecimento compartilhado nos centros envolvidos e do treinamento dos profissionais; gerar o conhecimento necessário nas áreas de biologia e bioinformática, facilitando a disseminação dos dados moleculares entre os profissionais de saúde e pesquisadores; e reforçar a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (RNLSP) por meio

da capacitação de profissionais em técnicas de sequenciamento e análise bioinformática (Brasil, 2023a).

Além disso, o monitoramento epidemiológico das variantes no âmbito nacional ficou a cargo do Grupo Técnico de Vigilância das Síndromes Gripais do MS, pelo qual eram realizadas de maneira semanal reuniões com as secretarias de saúde sobre os resultados do sequenciamento genômico liberado. Em busca de orientar a vigilância em saúde e profissionais tanto dos serviços de saúde como da rede laboratorial acerca da situação epidemiológica, foram disponibilizados documentos técnicos construídos pela SVSA/MS (Quadro 5)

**Quadro 5** - Documentos técnicos para vigilância epidemiológica do SARS-CoV-2, 2020 a 2023

<b>Data</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Assunto abordado</b>
18/6/2020	Ofício n.º 119/2020 CGLAB/Daevs/SVS/MS	Envio aos NICs de amostras positivas e negativas para SARS-CoV-2.
29/10/2020	Nota Técnica n.º 52/2020 CGPNI/Deidt/SVS/MS	Abordagens sobre conduta frente a um caso suspeito de reinfeção da Covid-19 no Brasil.
31/12/2020	Comunicação de Risco Rede Cievs 1	Suspeita de 2 casos da variante B117 de coronavírus em São Paulo.
5/1/2021	Nota Técnica n.º 126/2020 CGLAB/Daevs/SVS/MS	Diagnóstico molecular de variantes de SARS-CoV-2.
10/1/2021	Comunicação de Risco Rede Cievs 2	Nova cepa variante de SARS-CoV-2 identificada pelo Ministério da Saúde do Japão em viajantes provenientes do Brasil.
14/1/2021	Comunicação de Risco Rede Cievs 3	Caso de reinfeção por nova cepa variante do SARS-CoV-2 identificada no Amazonas.
26/1/2021	Nota Técnica n.º 41/2021 CGPNI/Deidt/SVS/MS	Contraindicação de familiares e/ou outras pessoas que não são profissionais de saúde, no acompanhamento dos pacientes diagnosticados com SARS-CoV-2, transferidos do estado do Amazonas para outras localidades do País.
2/2/2021	Vigilância genômica do vírus SARS-CoV-2 no âmbito da SVS/MS	Definir a área responsável pela vigilância genômica no âmbito da SVS. Estabelecer o instrumento e o fluxo padronizado de comunicação dos dados do sequenciamento das amostras de SARS-CoV-2

Fonte: Brasil, 2023a.

**Quadro 5** – Documentos técnicos para vigilância epidemiológica do SARS-CoV-2, 2020 a 2023 (Continuação 1)

<b>Data</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Assunto abordado</b>
2/2/2021	Nota Técnica n.º 59/2021 CGPNI/Deidt/SVS/MS	Recomendações quanto nova variante do SARS-CoV-2 no Brasil.
20/2/2021	Nota Técnica n.º 1/2021 SVS/GAB/SVS/MS	Apresentação de RT-PCR para passageiros de voos comerciais.
23/2/2021	Nota Técnica n.º 127/2021 CGPNI/Deidt/SVS/MS	Atualização dos dados sobre variantes de atenção do SARS-CoV-2 no Brasil até 20 de fevereiro de 2021.
18/5/2021	Nota Técnica n.º 213/2021 CGLAB/Daevs/SVS/MS	Divulgação dos resultados do sequenciamento genético do SARS-CoV-2.
1/6/2021	Nota Técnica n.º 718/2021 CGPNI/Deidt/SVS/MS	Orientações sobre vigilância, medidas de prevenção, controle e de biossegurança para casos e contatos relativos à variante de atenção e/ou preocupação (VOC) indiana B.1.617 e suas respectivas sublinhagens.
22/9/2021	Nota Técnica n.º 1129/2021 CGPNI/Deidt/SVS/MS	Orientações para a Vigilância em Saúde no que se refere aos aspectos epidemiológicos e laboratoriais da vigilância genômica da covid-19.
20/1/2022	Guia de Vigilância Epidemiológica: emergência de saúde pública de Importância nacional pela doença pelo coronavírus 2019 – covid-19 (4ª versão)	Capítulo: “Vigilância genômica do SARS-CoV-2”.
2/4/2022	Nota Técnica n.º 39/2022 Deidt/SVS/MS	Orientações para a vigilância epidemiológica sobre os casos de covid-19 pela VOC Omicron, com ênfase na sublinhagem BA.2.
Publicado Semanalmente	Boletins epidemiológicos especiais da covid-19	Seções: “Variantes de preocupação (VOC) no mundo”; “Atualização sobre as variantes do vírus SARS-CoV-2”; “Variantes de preocupação (VOC) no Brasil”; “Reinfecção por SARS-COV-2”; e “Vigilância laboratorial”

Fonte: Brasil, 2023a.

**Quadro 5** – Documentos técnicos para vigilância epidemiológica do SARS-CoV-2, 2020 a 2023 (Continuação 2)

<b>Data</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Assunto abordado</b>
12/11/2022	Nota Técnica n.º 16/2022 CGGRIPE/DEIDT/SVS/ MS	Alerta acerca do aumento do número de casos de covid-19 e circulação de novas linhagens da Variante de Preocupação (VOC) Omicron, com ênfase nas sublinhagens BQ.1*, BA.5.3.1.
25/11/2022	Nota Técnica n.º 17/2022 CGGRIPE/DEIDT/SVS/ MS	Alerta acerca do aumento do número de casos de covid-19, aumento da positividade dos exames para detecção do SARS-CoV-2 e identificação da nova sublinhagem BA.5.3.1 (BE.9) da Variante de Preocupação (VOC) Omicron, e atualização da Nota Técnica n.º 16/2022 – CGGRIPE/DEIDT/SVS/MS.
12/1/2023	Nota Técnica n.º 7/2023 CGGRIPE/DEIDT/SVS/ MS	Informe sobre a identificação no Brasil da variante de preocupação (VOC) Omicron – linhagem recombinante XBB.1.5; e orientações para a vigilância epidemiológica.
30/1/2023	Nota Técnica n.º 1/2023 CGVDI/Dimu/SVSA/MS	Atualização das fichas de registro individual de casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) e Síndrome Gripal (SG) no Sistema de Informação da Vigilância Epidemiológica da Gripe (SIVEP-Gripe).

Fonte: Brasil, 2023a.

### 1.14.2 Conceitos-Chave

O processo de vigilância de genes depende de nomenclaturas bem definidas para uma fácil comunicação e eficiência na rotina laboratorial. Os termos bastante utilizados são *mutação*, *linhagem*, *recombinante* e *variante* a serem descritos a seguir (Li *et al.*, 2020a,b; Instituto Butantan, 2022; Rede Genômica Fiocruz, 2022):

- **Linhagem:** conjunto genético viral que possui um ancestral comum e apresenta mutações específicas. Essas linhagens podem estar restritas a uma área ou disseminadas entre a população e podem ou não estar relacionadas a alterações virais que influenciem no panorama epidemiológico;
- **Recombinante:** a nova variante surge da recombinação ou fusão do material genético de linhagens distintas, resultando em uma forma genética inédita, diferente das

originais. Essa variante é reconhecida pela combinação de mutações específicas de diversos grupos virais em uma única sequência de DNA;

- **Mutação:** refere-se a alterações no código genético de um organismo. À medida que um vírus se espalha mais, é esperado que ocorram mais mutações, pois quanto maior o número de replicações do vírus, maior a probabilidade de alterações em seu material genético;
- **Variante:** as linhagens do SARS-CoV-2 são organizadas em variantes para avaliar como esses grupos genéticos virais afetam a transmissão e a gravidade da infecção. Esses fatores podem influenciar os sistemas de saúde pública ao alterar as taxas de hospitalização e a gravidade da doença. A Organização Mundial da Saúde (OMS) categoriza as variantes do SARS-CoV-2 em três tipos: variantes de preocupação (VOC, na sigla em inglês), variantes de interesse (VOI, na sigla em inglês) e variantes sob monitoramento (VUM, na sigla em inglês).

## **1.15 LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA (LACEN)**

### **1.15.1 Primeiros Laboratórios de Saúde Pública**

Os primórdios da atuação laboratorial remontam a 1865, com a criação do Instituto Higiênico de Munique, na Alemanha. Além disso, os primeiros estudos sobre a poluição de rios são datados em 1870 e o advento da bacteriologia como ciência teve sua disseminação entre os anos de 1885 e 1895. Outros pesquisadores como John Snow, Alexandre Houston e William Budd deram início às pesquisas sobre qualidade dos alimentos e água (Jorge, 1976).

Em 1870, a teoria dos miasmas começa a ser substituída pela teoria microbiana por meio de descobertas feitas pelo químico francês Louis Pasteur, que identificou em análises laboratoriais que as doenças transmissíveis eram causadas por microrganismos específicos passíveis de serem combatidos por exames biológicos, vacinas e soros (Benchimol, 1999; Benchimol, 2003). Pasteur, com a sua descoberta do imunizante antirrábico (1885) impulsionou a criação em 1887 do Instituto Pasteur de Paris que teve como objetivo sua produção e aplicação.

Em 1886, a menos de um ano da descoberta da vacina, o governador imperial brasileiro, em parceria com a Santa Casa de Misericórdia do Rio de Janeiro (RJ), designou o médico Augusto Ferreira dos Santos à França para aquisição de experiência sobre a vacina para introdução no Brasil (Teixeira, 1993).

No Brasil, diversas instituições receberam o nome de Instituto Pasteur, embora com finalidades distintas daquelas originalmente concebidas em Paris, na França — reflexo da denominada revolução pasteuriana, conforme descrito a seguir. O Instituto Pasteur do Rio de Janeiro, vinculado à Santa Casa de Misericórdia, foi inaugurado em 25 de fevereiro de 1888, sob a liderança do médico Augusto dos Santos, com o objetivo de realizar ações profiláticas, além de atividades laboratoriais. No ano seguinte, em 1889, foi fundado o instituto no estado de Pernambuco, com um laboratório de bacteriologia estruturado predominantemente para fins clínicos, idealizado pelo médico Rodolfo Galvão, formado em microbiologia no Instituto Pasteur de Paris, e voltado ao atendimento preventivo por meio de postos médicos. Em 1908, foi criado o Instituto Pasteur em Juiz de Fora, também com finalidade preventiva. Por fim, em 1912, foi instituído o Instituto Pasteur em Santa Catarina, em resposta a uma epidemia de raiva, com o objetivo principal de aplicar imunizantes antirrábicos (Teixeira, 1993).

Entre os anos de 1888 e 1895, antes da criação formal dos primeiros institutos (IM, 1988), já constavam na literatura desde o ano 1870, laboratórios vinculados à Escola de Medicina do Rio de Janeiro com objetivo de analisar a água e alimentos, influenciados pelas tendências bacteriológicas europeias (Benchimol, 1999).

Em 1891, o estado de São Paulo criou o Serviço Sanitário, que já nasceu com um laboratório de microbiologia integrado à sua estrutura. Esse fato marcou o início da institucionalização dos laboratórios públicos no Brasil (Barata, 2000). Anos depois, em 1900, foi fundado no Rio de Janeiro o Instituto Soroterápico Federal, localizado na Fazenda Manguinhos. A instituição, posteriormente transformada no Instituto Oswaldo Cruz (IOC), tinha como objetivo consolidar e expandir a produção de soros e vacinas, sendo reconhecida como o marco inicial da vigilância laboratorial e imunobiológica no país (Fiocruz, [s.d.]).

O crescimento urbano no estado do Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) marca a expansão da lavoura cafeeira e a transição de imigrantes para o trabalho agrícola. Com isso diversos problemas emergiram, como altas jornadas de trabalho, baixa assistência à saúde e o aumento de doenças desconhecidas, problemas esses que levaram o estado de SP tomou as primeiras iniciativas sanitárias com a criação em 1892 de quatro laboratórios: o Bacteriológico, o Vacinogênico, o de Análises Químicas e o Farmacêutico, com objetivo de rastreio e diagnóstico de doenças, produção de imunizantes e monitoramento de produtos vencidos à venda. O laboratório de Bacteriologia ganhou destaque como serviço sanitário por possibilitar esclarecimentos sobre epidemias, endemias e epizootias, além dos diagnósticos e profilaxia de diversas doenças (Mascarenhas, 1949; Teixeira, 2006).

Em 1893, o médico Adolpho Lutz, então diretor do Laboratório Bacteriológico, destacou-se por suas pesquisas sobre doenças infecciosas humanas e animais ainda não identificadas pelos médicos da época, o que impulsionou o reconhecimento do laboratório. No entanto, a reorganização dos serviços de saúde do estado de São Paulo, ocorrida em 1896, modificou o perfil de atuação da instituição, restringindo suas atividades aos exames bacteriológicos e anatomopatológicos. Em virtude disso, Lutz optou por se transferir, em 1908, para o Instituto Oswaldo Cruz (IOC), no Rio de Janeiro. Em 1899, com o surgimento da peste bubônica no porto de Santos, foi criado o Instituto Soroterápico de São Paulo, localizado na Fazenda Butantan, inicialmente como uma extensão do Laboratório Bacteriológico, do qual se desvinculou oficialmente em 1901 (Memórias do Instituto Butantan, 1980/81). Por sua vez, a fundação do Instituto Pasteur de São Paulo foi consolidada apenas em 1895, por meio da Lei nº 345/1895 (São Paulo, 1895).

Os Institutos Pasteur no Brasil desempenharam papéis de desenvolvimento de uma nova medicina com grau de cientificidade que posteriormente foi conferido ao Instituto de Manguinhos (Instituto Soroterápico), inaugurado em 25 de maio de 1900, conduzido pelo bacteriologista Oswaldo Cruz, que tinha como objetivo a produção de soros e vacinas contra a peste bubônica, além, de ter sido um dos responsáveis pela reforma sanitária e mais tarde pela erradicação da peste bubônica e febre amarela do RJ. Também, esse Instituto foi essencial para a criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP) em 1920 (Aragão, 1950).

O DNSP foi criado por meio do decreto nº 3.987 de 2 de janeiro de 1920, que proporcionou a reorganização dos serviços de saúde e a extinção da Diretoria Geral de Saúde Pública, o que coube ao departamento os serviços de higiene no Rio de Janeiro, à época capital do Brasil; os serviços sanitários dos portos marítimos e fluviais, com a inspeção médica de imigrantes e passageiros, além do tratamento e profilaxia das doenças transmissíveis; o fornecimento e a fiscalização do preparo de soros e vacinas, entre outros. O departamento contava com uma estrutura complexa, e serviços especializados, como as inspetorias, hospitais, estações de desinfecção, laboratórios e delegacias de saúde terrestres e marítimas (Brasil, 1920). Nos anos seguintes o DNSP proporcionou um sistema de vigilância mais robusto com cooperação do governo federal e as esferas estaduais e municipais, além de ter proporcionado a disseminação de campanhas para erradicação de doenças endêmicas (malária e a tuberculose), bem como ações de saneamento básico em áreas urbanas e rurais (Barata, 2000).

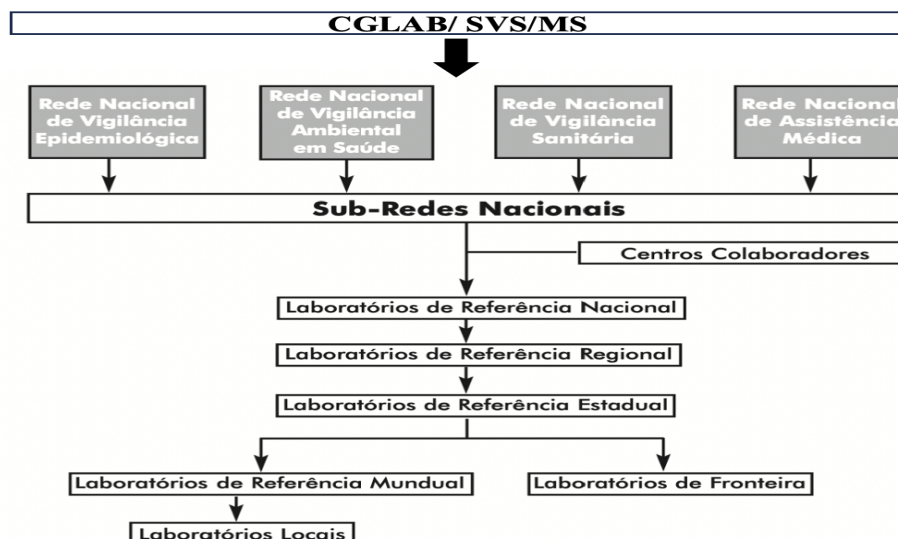
#### 1.15.2 Expansão dos Laboratórios de Saúde Pública

O Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB) foi criado por meio da Portaria nº 280 de 21 de julho de 1977 com objetivo de cooperar com o Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica e Vigilância Sanitária. Com a dissolução da Secretaria Nacional de Ações Básicas de Saúde, suas funções foram incorporadas pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), conforme estabelecido pela Portaria Ministerial nº 1.331, datada de 5 de novembro de 1990 (Brasil, 1990b; Brasil, 1993).

Com a criação da Lei Orgânica 8080/90 e a retificação do artigo 16, Inciso III, alínea b, conferiu-se ao SUS as competências de definir e coordenar o sistema de redes de laboratórios de saúde pública (Brasil, 1990a), enquanto que a Portaria Ministerial nº 699 de 24 de junho de 1993 orienta que o SISLAB deve compor a rede pública de unidades laboratoriais da União, dos estados, dos municípios e do Distrito Federal, seguindo uma organização em níveis hierarquizados de acordo com o seu grau de complexidade de atividades em parceria com o Sistema Nacionais de Vigilância Epidemiológica e Vigilância Sanitária, coordenado pela Fundação Nacional de Saúde (Brasil, 1993).

Com a coordenação do serviço laboratorial pela FUNASA, diversas portarias e decretos foram criados com o objetivo de organizar o Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (COLAB) (Portaria Ministerial nº1.835/1994); estabelecer o processo de trabalho interno do Centro Nacional de Epidemiologia e competências da COLAB (Portaria FUNASA nº 125/1999); definir a gestão do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica e Ambiental em Saúde (Decreto nº3.450/2000); e designar o regimento interno da FUNASA e as competências da Coordenação Geral de Laboratórios de Saúde Pública (CGLAB) (Portaria FUNASA nº410/2000) (Brasil,1993).

Com a ampliação dos sistemas e serviços de saúde (Ugá *et al.*, 2003) houve a atualização do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB), por meio da Portaria nº 2.031 de 23 de setembro de 2004, que passa a ser composto por quatro redes nacionais de laboratórios denominadas: Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Epidemiológica; Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância em Saúde Ambiental; Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária; e Rede Nacional de Laboratórios de Assistência Médica de Alta Complexidade (Brasil, 2004) (Figura 8 e Quadro 6).



**Figura 8** - Organização do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB)

Fonte: Fundação Nacional de Saúde, 2001 (Adaptado); Brasil,2004.

**Quadro 6** - Principais atividades das quatro redes nacionais de laboratórios do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB)

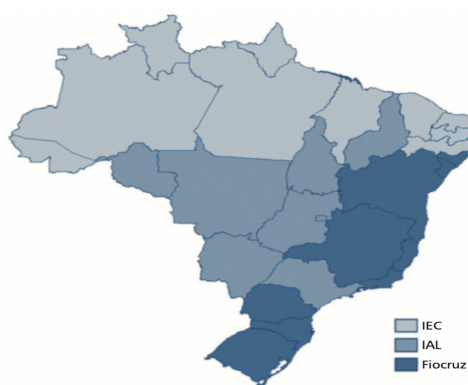
<b>Rede Nacional</b>	<b>Principais atividades</b>
Laboratório de Vigilância Epidemiológica	Proporcionar o diagnóstico de doenças de notificação compulsória; vigilância de doenças transmissíveis e não transmissíveis; monitoramento de resistência antimicrobiana; e escolha e unificação de Kits diagnósticos na rede laboratorial.
Laboratórios de Vigilância em Saúde Ambiental	Controle da qualidade da água, ar e solo para a saúde humana; vigilância de fatores ambientais físicos e químicos; e de fatores ambientais biológicos como vetores, hospedeiros, reservatórios e animais peçonhentos; e acompanhamento de populações humanas expostas a influentes ambientais, biológicos, químicos e físicos.
Laboratórios de Vigilância Sanitária	Vigilância de imunobiológicos e hemoderivados; toxicologia humana; contaminantes biológicos e não-biológicos em mercadorias relacionadas à saúde; equipamentos, produtos e materiais de utilização na saúde; monitoramento de portos, aeroportos e fronteiras, além, da vigilância de produtos como alimentos, medicamentos, cosméticos e saneantes.
Laboratórios de Assistência Médica de Alta Complexidade	Realizam apoio complementar à assistência diagnóstica de doenças ou agravos à saúde.

Fonte: elaboração própria, 2024.

Frente a isso, as sub-redes são organizadas de forma hierarquizada com ações em âmbito federal, estadual e municipal, de acordo com os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS) e suas especificidades conforme a classificação dos serviços laboratoriais (Brasil, 2004).

Com base na Portaria nº 2.031 de 23 de setembro de 2004 (Brasil, 2004), cada sub-rede possui definições e funções específicas dentro da rede, a saber: os CCs são serviços laboratoriais destinados a áreas específicas de maior complexidade, ensino e pesquisa, com a finalidade de contribuir com o gestor nacional no rastreamento e acompanhamento, na normalização e padronização de técnicas, bem como na avaliação das atividades laboratoriais. Além disso, esses serviços têm o papel de apoiar o aprimoramento científico e tecnológico das unidades da rede, assim como a capacitação dos recursos humanos. Também realizam procedimentos laboratoriais de alta complexidade para suporte diagnóstico e controle de qualidade analítica, desenvolvem estudos, pesquisas e ações de ensino de interesse do gestor nacional, e fornecem relatórios periódicos sobre as atividades laboratoriais.

Os LRNs são laboratórios altamente especializados com as seguintes atribuições: coordenar tecnicamente a rede de vigilância laboratorial sob sua responsabilidade; colaborar com o gestor nacional no rastreamento, acompanhamento, normalização e padronização de técnicas e na avaliação das atividades laboratoriais; realizar diagnósticos laboratoriais de alta complexidade para complementação diagnóstica e controle da qualidade analítica de toda a rede; planejar e conduzir estudos, diagnósticos e pesquisas em articulação com setores técnico-científicos e centros de pesquisa; capacitar recursos humanos em áreas que garantam a confiabilidade laboratorial; fornecer relatórios técnicos e de gestão aos gestores nacionais com informações das atividades laboratoriais; e realizar intercâmbios e acordos nacionais e internacionais visando à melhoria do sistema (Figura 9)



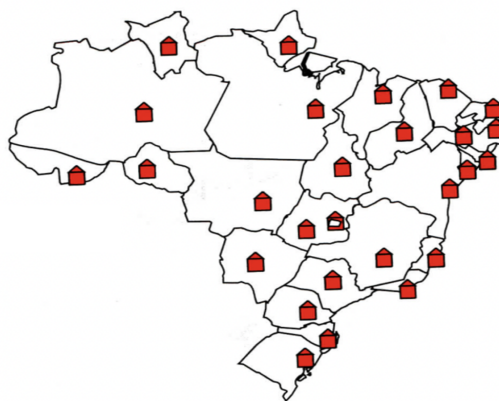
**Figura 9** - Áreas de Abrangência dos Laboratórios de Referência Nacional e Regional

Nota: Laboratório de Referência Regional (LRR): Instituto Evandro Chagas (IEC); Instituto Adolfo Lutz (IAL). Laboratório de Referência Nacional (LRN): Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

Fonte: Brasil, 2016.

Os LRRs são laboratórios responsáveis por desenvolver atividades mais complexas para apoiar os serviços técnico-operacionais em sua área geográfica de abrangência, com competências como: acompanhar e avaliar as atividades laboratoriais realizadas pelos serviços; realizar técnicas analíticas avançadas para apoio de diagnóstico de doenças e outros agravos à saúde; fornecer suporte aos laboratórios de referência estadual; apoiar serviços laboratoriais em análises complexas e complementação diagnóstica, controle de qualidade e capacitação de recursos humanos; avaliar o desempenho dos laboratórios estaduais; encaminhar amostras inconclusivas ou que necessitem de complementação diagnóstica aos LRN; e disponibilizar relatórios periódicos com um cronograma das atividades laboratoriais.

Os LREs são laboratórios vinculados às secretarias estaduais de saúde, com atuação em âmbito estadual, e têm como atribuições: coordenar a rede de laboratórios públicos e privados que realizam análises de interesse para a saúde pública; encaminhar amostras inconclusivas aos LRRs e as destinadas ao controle de qualidade analítica; garantir o controle da qualidade analítica da rede estadual; realizar diagnósticos mais complexos para complementação diagnóstica; seguir a legislação específica definida pelos gestores nacionais; promover a capacitação de recursos humanos da rede laboratorial; e apresentar relatórios periódicos aos gestores nacionais (Figura 10).



**Figura 10 - Laboratórios de Referência Estadual**

Fonte: Santos *et al.*, 1997.

Os LRMs são laboratórios articulados com as secretarias municipais de saúde e atuam em âmbito municipal, com atribuições como: definir, organizar e coordenar a rede municipal de laboratórios; monitorar e prestar suporte à rede; capacitar profissionais da área laboratorial; e habilitar, conforme a legislação específica, os laboratórios que serão integrados à rede municipal. Os LLs são laboratórios que integram a rede estadual ou municipal de saúde pública,

com responsabilidades como: realizar análises básicas e/ou essenciais; encaminhar amostras inconclusivas para os LRMs ou LREs, conforme necessário, para complementação diagnóstica; e apresentar relatórios periódicos de suas atividades aos LRMs ou LREs (Figura 11).



**Figura 11** - Laboratórios de Referência Municipal

Fonte: Santos *et al.*, 1997.

Por fim, os LFs são laboratórios localizados em regiões de fronteira, dedicados à investigação de agentes etiológicos, vetores de doenças transmissíveis e outros agravos à saúde pública, além do controle analítico para verificar a qualidade sanitária dos serviços prestados. Suas competências incluem: fortalecer ações de vigilância epidemiológica, ambiental e sanitária; apoiar as atividades dos LRE; e colaborar no cumprimento de acordos internacionais relacionados à prevenção e controle de doenças, produtos e serviços.

A atribuição do SISLAB perpassa as três esferas federativas e o Distrito Federal em consonância com os princípios doutrinários do SUS, o que vincula os Laboratórios de Saúde Pública (LACEN) às secretarias estaduais de saúde com o propósito de produzir subsídios para fortalecimento do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) tanto nos processos rotineiros como nos relatórios técnicos, nos programas e projetos com análises situacional e analítica, bem como na avaliação de produtos e serviços de saúde (Brasil, 2004).

Os LACENs são coordenados pela Coordenação-Geral de Laboratórios de Saúde Pública da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (CGLAB/SVS/MS), que possui as seguintes competências, conforme o art. 16 do regulamento interno do MS (Imprensa Nacional, 2017):

I – Coordenar e supervisionar a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância em Saúde Ambiental que integra o SISLAB;

II – Elaborar normas técnicas e operacionais para a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Epidemiológica com colaboração com outras unidades competentes;

III – Monitorar as informações da Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Epidemiológica e da Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância em Saúde Ambiental com base nos sistemas oficiais de informação;

IV – Prestar assessoria e cooperação técnica aos estados e ao Distrito Federal na implementação da rede laboratorial;

V – Promover estratégias de educação permanente em parceria com estados, municípios e o Distrito Federal, alinhadas às ações laboratoriais;

VI – Capacitar profissionais que atuam na vigilância em saúde;

VII – Contribuir para a elaboração de normas e medidas de monitoramento, avaliação e prevenção da resistência microbiana em serviços de saúde, em parceria com a ANVISA;

VIII – Definir competências e critérios para os LRNs de laboratórios de vigilância em saúde, em parceria com outras unidades competentes;

IX – Acompanhar tendência epidemiológicas de doenças e agravos monitorados laboratorialmente, em cooperação com o Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde (CIEVS) e outras entidades nacionais e internacionais;

X – Planejar linhas prioritárias de cuidado para o desenvolvimento de pesquisas, análises e outras atividades técnico-científicas de interesse do SUS, com base nas ações das redes de laboratórios de Vigilância Epidemiológica e em Saúde Ambiental;

XI – Desenvolver estratégias para a produção de insumos estratégicos, equipamentos e produtos de saúde necessários ao diagnóstico laboratorial, em articulação com a rede;

XII – Planejamento, aquisição, distribuição e monitoramento de Kits e insumos laboratoriais para diagnóstico de doenças de interesse em saúde pública; e

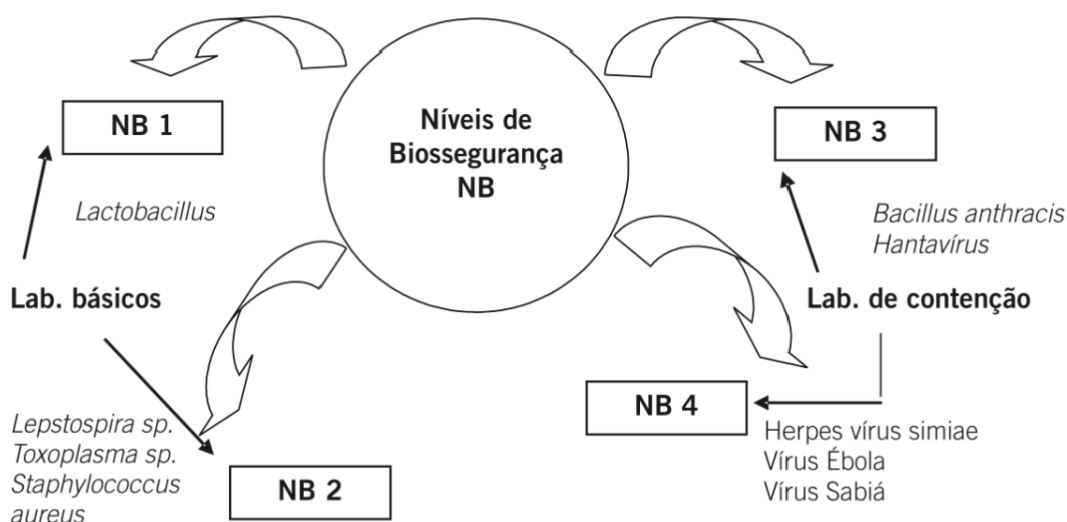
XIII – Planejar, subsidiar e apoiar a criação e divulgação de materiais publicitários, comunicação social e descentralização de informações relacionadas às estratégias laboratoriais de saúde pública em alinhamento com as demais redes.

### **1.15.3 Biossegurança Laboratorial**

Os LACENs são essenciais nos três níveis de atenção à saúde no que tange à investigação de doenças, diagnóstico oportuno e monitoramento de causas diretas e indiretas

que provocam malefícios à saúde humana (De Paula, 1976). Com base nisso, os LACENs possuem um ambiente único que os diferem dos laboratórios convencionais, pela quantidade de amostras analisadas anualmente, pela organização de um volume elevado de material biológico humano, animal e ambiental, além do elevado risco causado pelo manuseio de amostras que podem ter uma alta quantidade de agentes biológicos ainda desconhecidos (Simas; De Oliveira Cardoso, 2008).

O ambiente laboratorial possui uma alta probabilidade de ocorrência de efeitos adversos que estão associados à exposição ocupacional que resulta em uma investigação das causas e dos agentes causadores do risco, a fim de minimizar futuras exposições (infecções ocupacionais) e proteger a saúde dos trabalhadores e meio ambiente. Sendo assim, a avaliação do risco é um excelente parâmetro para elaboração dos procedimentos de biossegurança tanto de maneira construtiva como de maneira operacional. Os níveis de biossegurança laboratorial são determinados de acordo com os agentes biológicos para que assim sejam adotadas estratégias operacionais, equipamentos e procedimentos que diminuam a exposição a esses agentes (Conway, 1982; Simas; De Oliveira Cardoso, 2008) (Figura 12).



**Figura 12** - Classificação laboratorial de acordo com agentes infecciosos e níveis de Biossegurança

Fonte: Simas; De Oliveira Cardoso, 2008.

Os Níveis de Biossegurança (NB) foram determinados nas Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos do Ministério da Saúde, que os divide em quatro níveis (de NB1 a NB4) de acordo com a avaliação do risco dos agentes biológicos (Brasil, 2006) (Quadro 7).

**Quadro 7** - Caracterização dos níveis de biossegurança dos laboratórios de saúde

<b>Níveis de Biossegurança (NB)</b>	<b>Características</b>
NB1	Adequado para manuseio de agentes biológicos que não causam doenças em adultos saudáveis.
NB2	Propício para manipulação de agentes biológicos com risco individual de baixo a moderado para a comunidade. Esses agentes podem provocar infecções, mas possuem medidas de tratamento e profilaxia eficientes.
NB3	Pode ser realizado a manipulação de agentes biológicos com transmissibilidade por via aérea e causarem patologias potencialmente letais para as quais existam medidas de tratamento e/ou imunizações.
NB4	Manuseio de agentes biológicos desconhecidos ou perigosos com alta transmissibilidade por via respiratória ou transmissão desconhecida e de alta letalidade.

Fonte: Simas; De Oliveira Cardoso, 2008 (adaptado).

Os níveis foram definidos para expressarem as combinações das práticas e técnicas laboratoriais, equipamentos de segurança e infraestrutura (instalações) dos laboratórios, com isso, os NBs apresentam níveis crescentes em seu grau de contenção e de complexidade em relação à segurança adotada tanto para os profissionais como para o meio ambiente (OPAS, 2021b). Caso o laboratório apresente algum item não obrigatório, mas que proporcione um maior grau de complexidade para o seu nível de contenção, ele é indicado com o símbolo matemático de adição “+”, exemplo NB3+ (Simas; De Oliveira Cardoso, 2008).

#### **1.15.4 Fluxo de Transporte de Amostras**

Para a realização do transporte de amostras é seguido o seguinte fluxo:

1) O Laboratório Central ou de Referência solicita a autorização à CGLAB por *e-mail* e preenche uma requisição de transporte (RTD) com algumas informações referentes ao remetente, destinatário, quantidade e o tipo de amostras, peso, número do Gerenciador Ambiente Laboratorial (GAL), se existe a necessidade de usar gelo seco e embalagem (caso seja necessário, a coleta deve ser solicitada com 48h de antecedência) para conservação;

2) A CGLAB recebe a RTB, confere os dados preenchidos e anexa o documento no Sistema Eletrônico de Informações (SEI) com envio para a Coordenação Geral de Logística (CGLOG/Dlog);

3) A CGLOG/Dlog recebe a solicitação e envia a RTD à transportadora, que organiza o processo de coleta do material;

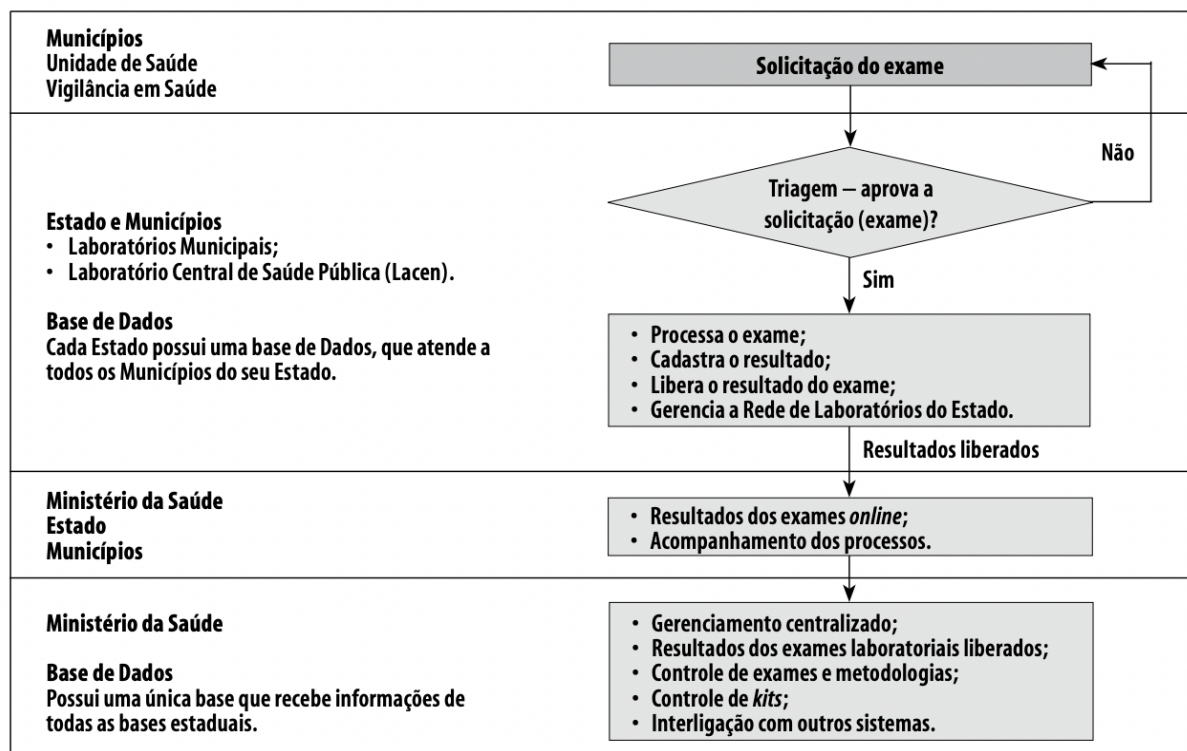
4) A transportadora providencia o solicitado (gelo e embalagem, caso necessário) e entra em contato com o laboratório remetente com a data de retirada do material. Realizam, ainda, a coleta e entrega ao laboratório destinatário;

5) O Laboratório Destinatário confere e registra a amostra, informa o remetente da chegada e de outra eventualidade, se houver, e informa o profissional responsável pelo recebimento (Brasil, 2021a).

### **1.15.5 Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL)**

O Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL) foi formulado pelo Ministério da Saúde (MS) com articulação da CGLAB e com o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS) (Jesus *et al.*, 2013). O sistema possui uma robusta tecnologia, organizado em multiplataformas em aplicativo livre, o que possibilita a fácil adesão dos laboratórios e integração do GAL a outros sistemas de vigilância em saúde do país (Ministério da Saúde, 2008). Os seus objetivos são: informatização da rede laboratorial de saúde pública do Brasil, incluindo o registro das amostras de origem humana, animal e ambiental; promoção do controle da qualidade dos resultados dos diagnósticos; propiciação da disponibilização dos dados para as vigilâncias epidemiológicas e ambientais nos níveis municipal, distrital, estadual e federal (Paula Júnior *et al.*, 2017).

A informatização dos dados é gerenciada em nível estadual e municipal pelos LACENs e em nível federal pela CGLAB. Os relatórios produzidos pelo sistema propiciam aos gestores o acompanhamento e organização das atividades relacionadas com a execução dos exames, fluxo de trabalho de cada bancada, a quantidade de exames e metodologias utilizadas, o status dos resultados, o tempo de liberação das amostras, os kits, dentre outros mecanismos de monitoramento. Vale destacar que um dos pontos críticos para a realização de pesquisas no Brasil é a dificuldade de acesso aos dados provenientes do Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL), devido a restrições institucionais e limitação na integração com outras bases de dados em saúde pública (Figura 13).



**Figura 13** - Fluxo gerencial do Sistema Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL)

Fonte: Paula Júnior et al., 2017

### 1.15.6 Vigilância Laboratorial da Covid-19

O monitoramento e acompanhamento do vírus SARS-CoV-2 é fundamental para o desenvolvimento de atividades de vigilância laboratorial, tendo a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (RNLSP) o papel de identificar o agente etiológico na análise antigênica e genética. Os testes de RT-PCR permanecem sendo o padrão ouro para o diagnóstico da Covid-19 (Brasil, 2023a).

Os Centros Nacionais de Influenza (NIC – do inglês), desempenha um papel essencial no rastreamento de doenças, o centro é composto por laboratórios credenciados pela OMS, como: 1 Laboratório de Referência Nacional (LRN) que é o Instituto Oswaldo Cruz – Fiocruz; e por 2 Laboratórios de Referência Regional (LRRS), que são o Laboratório de Vírus Respiratório do Instituto Adolfo Lutz (IAL/SP) e o Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS), que compõem a rede global de vigilância da influenza e de outros vírus respiratórios. Sendo de responsabilidade dos Laboratórios de Referência a caracterização antigênica e genética dos

vírus circulantes e identificação de novas cepas, além do rastreamento do SARS-CoV-2 por RT-PCR (Brasil, 2023a).

Além disso, a vigilância laboratorial proporcionou a disponibilização de dados de casos e óbitos da Covid-19 por meio de portais oficiais de órgãos governamentais, além, de dados disponibilizados nos próprios *sites* dos LACENs. Também, foram criados diversos projetos e plataformas para acompanhamento da vigilância genômica do SARS-CoV-2, entre eles o projeto de Monitoramento Genômico do SARS-CoV-2 e Variantes de Preocupação (VOC), face às condições Epidemiológicas Emergentes no Brasil com o objetivo de identificar as linhagens dos vírus em circulação em diversos estados brasileiros e acompanhar sua prevalência ao longo do tempo; correlacionar a vigilância genômica com o número de casos registrados de SRAG; e detalhar as características e os desfechos clínicos associados aos casos. Os dados são divulgados na Rede Genômica Fiocruz (Fiocruz, 2025).

Esta iniciativa conta com colaboradores de instituições de vários lugares do país como Universidades, Lacen, e Laboratórios de Referência (Rede Genômica Fiocruz, 2022). No âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) foi criado por meio da Portaria MCTIC nº 1.010 de 11 de março de 2020 o Comitê de Especialistas Rede Vírus MCTI, pelo qual são discutidos os temas relacionados à vacina, biobanco, diagnóstico, acompanhamento clínico, situação socioeconômica e entre outros (Brasil, 2020f).

Teve-se, ainda, o fortalecimento da plataforma *Global Initiative on Sharing All Influenza Data* (GISAID), criada em 2008, com indexação de dados que reúnem sequência genética, dados clínico-epidemiológicos e dados geográficos, dando suporte para o entendimento da manifestação dos vírus durante epidemias e pandemias (GISAID, 2022).

## 2 JUSTIFICATIVA

Considerando o cenário epidemiológico de alta incidência de morbimortalidade vivenciado em todo o mundo e as consequências em diversos setores da sociedade por causa da Covid-19, a OMS declarou, em 30 de janeiro de 2020, emergência de saúde pública de preocupação internacional (ESPII) segundo o Regulamento Sanitário Internacional (RSI). A partir de então um dos principais objetivos foi mitigar a transmissão do vírus entre humanos, prestar assistência aos acometidos e manter o funcionamento dos serviços essenciais durante a pandemia.

Com isso, a OMS vem publicando diversos documentos técnicos para apoiar as estratégias de prevenção da doença no país, entre eles o Plano Nacional de Resposta que tem como pilares: coordenação, planejamento e monitoramento a nível de país; comunicação de risco e incentivo a sociedade; vigilância, otimização de equipes de resposta rápida e investigação de casos; fiscalização de pontos de entrada, viagens e transportes internacionais; laboratórios nacionais; gestão de casos; suporte operacional e logística; e preservação de sistemas e serviços de saúde fundamentais.

Frente a isso, a ação dos laboratórios de saúde pública é imprescindível, tanto por causa da crescente demanda por exames laboratoriais em decorrência da pandemia do novo Coronavírus, como pela importância do diagnóstico etiológico dos casos pelos laboratórios e a confirmação do diagnóstico etiológico em tempo oportuno. Nesse sentido, faz-se essencial a avaliação e o monitoramento da prontidão laboratorial no contexto de emergências sanitárias no Brasil, verificando a resposta dos laboratórios de saúde pública, frente às condições de trabalho, a gestão dos insumos laboratoriais e o monitoramento de horizontes tecnológicos. É necessário juntar esforços para o planejamento de estratégias e ações efetivas dos LACENs dentro da Rede de Atenção à Saúde (RAS), não só para a Covid-19, mas também como subsídios para futuras emergências sanitárias que possam, ou não, surgir no Brasil.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a prontidão laboratorial no contexto da pandemia da Covid-19 no Brasil.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- i. Identificar as etapas da pesquisa translacional (PT) de testes diagnósticos para Covid-19 planejados no Brasil;
- ii. Avaliar a capacidade de resposta da Atenção Primária em Saúde do Distrito Federal para o diagnóstico laboratorial nos anos de 2020 a 2021;
- iii. Avaliar a capacidade de resposta diagnóstica à Covid-19 e a vigilância genômica do SARS-CoV-2 em Brasília nos anos de 2020 a 2023; e
- iv. Avaliar o tempo médio de resposta do sequenciamento das amostras do SARS-CoV-2 por variante, Unidade da Federação (UF) e tipos de laboratório no Brasil nos anos 2021 a 2024.

## 4 MÉTODOS

Este trabalho é um desdobramento das atividades de pesquisa desenvolvidas em projetos de pesquisa: um nacional, intitulado *Óbitos hospitalares relacionados à COVID-19 no SUS e a capacidade instalada das regiões de saúde: um estudo nacional*, vigente de 2020 a 2023 e com a utilização de dados secundários; e outro projeto, chamado *Elaboração e Implantação de Sistemática de Avaliação da Atenção Primária à Saúde do Distrito Federal*, vigente de 2020 a 2023. Ambos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa. Também foram utilizados dados secundários provenientes do projeto de cooperação técnica entre a Fundação Oswaldo Cruz -Fiocruz Brasília e o Ministério da Saúde, intitulado *Fortalecimento da Rede de Laboratórios de Saúde Pública para Atendimento às Emergências de Vigilância em Saúde: diagnóstico rápido sobre o enfrentamento à pandemia de Covid-19*.

Para atender aos objetivos específicos propostos, os resultados estão seccionados em quatro artigos, com métodos próprios, que seguem sintetizados:

### 4.1 ARTIGO 1: TESTES DIAGNÓSTICOS NACIONAIS: INSUMOS ESSENCIAIS PARA A VIGILÂNCIA SINDRÔMICA DA COVID-19

Trata-se de estudo transversal, de caráter exploratório, partindo de banco de dados com uma amostra de 789 projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em saúde, de 114 universidades públicas e de dois centros de pesquisa brasileiros (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz e Instituto Butantan). As informações relacionadas com esses projetos foram obtidas dos sítios da *internet* dessas instituições de ensino e centros de pesquisa, no período de 10 a 15 de maio de 2020 (Rosa *et al.*, 2021).

Após identificação dos projetos de PD&I para testes diagnósticos para Covid-19, identificaram-se as etapas da PT, sendo: 1) reconhecimento dos nomes dos responsáveis pelos projetos, por meio de busca em sítios da *internet* de universidades brasileiras e de editais de fomento à pesquisa no Brasil; 2) consulta do currículo do pesquisador na Plataforma Lattes (CNPq, 2021) para verificar menção à pesquisa e seus desdobramentos; 3) consulta em ferramentas de busca livre na *internet* para verificação de registros, como, por exemplo, artigos científicos publicados pelo pesquisador; e 4) classificação dos projetos de PD&I conforme as etapas da PT (Titler, 2018; Khoury; Gwinn; Ioannidis, 2010) e seus respectivos temas, a partir da descrição e dos objetivos do projeto.

A PT ocorre em um contínuo de etapas desde a pesquisa até a aplicação de seus achados na clínica, em comunidades e na saúde pública (Titler, 2018). Essas etapas envolvem cinco movimentos translacionais (Khoury; Gwinn; Ioannidis, 2010): T0 – descoberta e sua documentação científica; T1 – testes pré-clínicos para avaliação de segurança e eficácia e aplicabilidade clínica; T2 – testes clínicos para avaliação de segurança e eficácia por meio de estudos observacionais e experimentais para elaboração de guias e protocolos baseados em evidências; T3 – avaliação da implementação e disseminação destes guias à prática clínica; e T4 – translação para a comunidade, com avaliação do impacto na saúde pública.

A consolidação dos dados foi feita no programa *Excel (Microsoft Office, 2016)*. Verificou-se a distribuição geográfica dos projetos de PD&I por Unidades da Federação (UF) e municípios, e foram elaborados mapas utilizando-se o QGIS (versão 3.20.2, Odense), Sistema de Informação Geográfica, livre e de código aberto.

Fez-se correlação da localização do centro de pesquisa responsável pela execução do projeto de PD&I com a quantidade de pesquisadores, o IDH-M, o PIB e a TMECovid-19 utilizando-se o Coeficiente de Correlação de Pearson, no *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, versão 24)*.

Dados sobre o IDH-M 2018 foram obtidos no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2020), e os do PIB, no Sistema de Contas Regionais (IBGE, 2020). As TMECovid-19 e os números absolutos de óbitos foram provenientes do Painel Covid (Brasil, 2025).

A qualidade das instituições de ensino envolvidas nas pesquisas foi identificada pelo Ranking Universitário Folha 2019 (RUF) (Folha de São Paulo, 2019). O dimensionamento da quantidade de pesquisadores baseou-se no Censo de Pesquisadores do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (CNPq, 2021). O estudo utilizou dados secundários de acesso público, dispensando-se aprovação ética.

O artigo, publicado em 2022 na Revista Saúde em Debate (Cebes, RJ), está inserido nos Resultados e Discussão, com a capa do original publicado, constando no Apêndice A.

## **4.2 ARTIGO 2: QUALIFICAÇÃO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE PARA O DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DA COVID-19 NO DISTRITO FEDERAL, 2020-2021**

Trata-se de estudo transversal analítico, censitário, desenvolvido no contexto do Programa QualisAPS. Os dados de interesse foram coletados, remotamente, a partir de agosto

de 2020. Entre as 165 UBS existentes no DF, duas atrasaram a coleta de dados (1,2%), mas finalizaram nos dias 4 e 7 de janeiro de 2021. Desse modo, mais de 99% da coleta de dados ocorreram no primeiro ano da pandemia (2020). Assim, foi possível concluir a pesquisa com 159 UBSs (perda amostral de 3,6%). Os gestores de todas as UBSs foram contactados previamente para os devidos esclarecimentos sobre a pesquisa e sobre a exigência da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), a ser assinado eletronicamente antes do início da entrevista.

A metodologia envolveu entrevistas e preenchimento de formulário. As entrevistas foram estruturadas e conduzidas com gestores ou supervisores de 159 UBSs do DF por meio de ligação telefônica, após a qual cada entrevistado realizou o autopreenchimento do formulário eletrônico, cujo link foi disponibilizado por mensagem de *e-mail*.

Para a produção de informações e coleta de dados, utilizou-se instrumento desenvolvido como parte das atividades do Programa QualisAPS para análise da estrutura e da capacidade de resposta das UBSs à Covid-19. Tal instrumento está composto por 11 Eixos: Eixo 1 (identificação do respondente); Eixo 2 (identificação da UBS); Eixo 3 (funcionamento da UBS durante a pandemia de covid-19); Eixo 4 (capacitação da força de trabalho); Eixo 5 (organização e processo de trabalho); Eixo 6 (estrutura); Eixo 7 (equipamentos, móveis e insumos); Eixo 8 (Equipamento de Proteção Individual – EPI); Eixo 9 (acompanhamento do paciente e exames); Eixo 10 (informação, vigilância, integração e comunicação); e Eixo 11 (gestão). No total, 127 itens compuseram o instrumento. Outrossim, sua aplicação foi dividida em dois módulos: telefone (duração média de 45 minutos) e autopreenchimento (duração média de 60 minutos) (Furlanetto *et al.*, 2022). Para o Eixo 4, optou-se por analisar as variáveis relacionadas com os profissionais enfermeiro, técnico de enfermagem, médico, cirurgião-dentista e técnico em saúde bucal, que foram aqueles que, durante a pandemia, tinham habilitação legal para a realização dos testes diagnósticos para covid-19, ora por ser ação inerente a seu exercício profissional (medicina e enfermagem), ora por ter havido autorização da entidade de classe para tal (odontologia) (CRO, 2021; Ministério da Saúde, 2020).

O instrumento foi hospedado no *software Research Electronic Data Capture* (REDCap), plataforma para coleta de dados de acesso aberto, criada pela *Vanderbilt University*, Tennessee, Estados Unidos da América (Harris *et al.*, 2019).

No DF, existem 165 UBSs, sendo 61 UBS-Sentinela para a vigilância de síndrome gripal e síndrome respiratória aguda grave; as 104 restantes são UBS-Tradicionais. Para identificar os locais de maior concentração de UBS-Sentinela, verificou-se a distribuição geográfica, por Regiões de Saúde (RS), das 159 UBSs participantes, especificando as UBS-

Tradicionais e as UBS-Sentinelas, por meio do QGIS (versão 3.20.2, Odense), Sistema de Informação Geográfica, livre e de código aberto.

As análises estatísticas foram realizadas no *software R* (versão 4.3.1) e incluíram frequência relativa, Qui-quadrado e Teste de Fisher. Todas as variáveis do estudo foram cruzadas com a variável UBS-Sentinela, para identificação das diferenças percentuais entre estas e as UBS-Tradicionais, adotando-se o nível de significância de 5%. Dessa forma, para um p-valor inferior a 0,05, considerou-se a rejeição da hipótese nula de acordo com cada teste aplicado.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 29640120.6.0000.0030, Parecer nº 3.937.242, em conformidade com a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde, 2016).

O artigo, publicado em 2024 na Revista Saúde em Debate (Cebes, RJ), está inserido nos Resultados e Discussão, com a capa do original publicado, constando no Apêndice B.

### **4.3 ARTIGO 3: *LABORATORY READINESS AND GENOMIC SURVEILLANCE OF COVID-19 IN THE CAPITAL OF BRAZIL***

Trata-se de um estudo transversal, de caráter exploratório, partindo-se de dados secundários de domínio público. Abrangeu-se o período pandêmico, ou seja, a vigência da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional ESPII: março de 2020 a maio de 2023.

Foram considerados para o estudo, dados públicos, oficiais, de casos e óbitos por Covid-19 disponíveis no portal do Ministério da Saúde (Brasil, 2025). Os dados sobre a cobertura vacinal em Brasília foram obtidos do portal Vacinômetro Covid-19 do Ministério da Saúde (Ministério da Saúde, 2021), considerando a vacinação a partir do mês de janeiro de 2021 com esquema vacinal de segunda dose ou dose única, terceira dose, dose de reforço e dose adicional até maio de 2023. Não foram incluídos dados da vacina bivalente, pois não havia especificação de qual dose estava sendo aplicada.

Dados sobre as análises diagnósticas foram extraídos do portal do InfoSaúde-DF da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (SVS, 2024), incluindo todas as amostras recebidas e analisadas para detecção da Covid-19 pelo método RT-PCR no Laboratório Central de Saúde Pública do DF (LACEN). Analisou-se também o prazo médio de liberação desse resultado em dias.

Para identificação das variantes dominantes, ao longo período pandêmico, os resultados dos genomas de pacientes de Brasília sequenciados foram extraídos do banco de dados do *Global Initiative on Sharing All Influenza Data* (GISAID) (Shu; Mccauley, 2017). Foram identificados também os laboratórios originários (que forneceram as amostras) e os laboratórios remetentes (que sequenciaram o material genético) (EpiFLU, 2008). O número total dos genomas sequenciados foi analisado por laboratório originário e remetente, por tipo de variante e números de casos para Covid-19 para o período de março de 2020 a maio de 2023.

A consolidação dos dados foi feita no programa *Excel* (*Microsoft Office*, 2016). Analisou-se a correlação da variável tempo de liberação do resultado das amostras em dias e o quantitativo de amostras por mês/ano, esquema vacinal (primário e primeiro reforço) e óbitos para os anos de 2020 a 2023, utilizando-se o Coeficiente de Correlação de Pearson, no *Stata* (versão 18). Foram analisados dados referentes às variantes do SARS-CoV-2 de preocupação (*variants of concern*, VOC) estabelecidas pela OMS (OPAS, 2021a) por período de amostragem em Brasília conforme o mês de coleta das amostras e sua classificação: Alfa, Gama, Delta e Omicron.

Por se tratar de dados secundários de domínio público, este estudo dispensa aprovação pelo Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos (Brasil, 2016).

O artigo, publicado em 2025 na *Revista Plos One Global Public Health* está inserido nos Resultados e Discussão, com a capa do original publicado, constando no Apêndice C.

#### **4.4 ARTIGO 4: PRONTIDÃO LABORATORIAL PARA SEQUENCIAMENTO GENÔMICO DO SARS-COV-2 NO BRASIL, 2021 A 2024**

Trata-se de estudo retrospectivo, transversal, analítico, utilizando-se o banco de dados do *Global Initiative on Sharing all Influenza Data* (GISAID), composto por amostras de sequenciamento do SARS-CoV-2; houve necessidade de credenciamento prévio para garantir o acesso aos dados do GISAID. O recorte temporal abrangeu o período 01 de janeiro 2021 até 31 de dezembro de 2024.

Analisaram-se dados referentes às variantes de preocupação (VOCs) do SARS-CoV-2 estabelecidas pela OMS<sup>3</sup> por período de amostragem no Brasil conforme sua classificação: Alfa, Gama, Delta e Omicron e respectivos anos de surgimento. Além disso, verificou-se a distribuição geográfica do Tempo Médio de Resposta (TMR) para o sequenciamento genômico do SARS-CoV-2 por Unidades da Federação (UF) e por Regiões do Brasil, elaborando-se mapas a partir do ggplot2, do Software estatístico R<sup>19</sup>.

A consolidação dos dados foi feita no Programa Excel (*Microsoft Office*®, 2021). Utilizou-se o Software R (versão 4.3.1) para o cálculo do TMR, que representa o período em dias desde a data de entrada da amostra no laboratório até a data do sequenciamento, por Regiões do Brasil, UF, mês e ano; além, do cálculo da média, desvio padrão e intervalo de confiança de 95% (IC<sub>95%</sub>). Para verificar a existência de diferenças nos tempos médios de resposta entre os anos avaliados, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis, uma técnica não paramétrica apropriada para comparação de três ou mais grupos independentes. Em caso de significância estatística, procedeu-se com comparações múltiplas entre pares de grupos por meio do teste de Dunn, com aplicação da correção de Bonferroni para controle do erro do tipo I. Consideraram-se estatisticamente significativas as comparações cujo valor de  $p$  ajustado foi inferior a 0,05.

Por se tratar de dados secundários de acesso público, este estudo dispensou aprovação por Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos (Brasil, 2016).

O artigo, foi submetido, em junho de 2025, à *Revista de Saúde Pública (RPS)*, aguardando o parecer técnico.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ARTIGO 1

(Publicado em setembro de 2022, no periódico “Revista Saúde em Debate”, conforme Apêndice A).

---

Testes diagnósticos nacionais: insumos essenciais para a vigilância sindrômica da Covid-19

*Brazilian diagnostic tests: essential health supplies for COVID-19 syndromic surveillance*

Autores: Fabrício Vieira Cavalcante; Aimê Oliveira; Sidlei Queiroga de Araujo; Christina Pacheco; Ruth da Conceição Costa e Silva Sacco.

#### Resumo

Existe ampla evidência que a contenção da pandemia de Covid-19 requer vigilância sindrômica e isolamento de casos suspeitos/confirmados. É essencial a disponibilidade de testes diagnósticos no Sistema Único de Saúde, que poderia ser facilitada pela soberania nacional no desenvolvimento e produção, considerando-se a alta demanda/escassez no mercado internacional. Este estudo identificou as etapas da pesquisa translacional de testes diagnósticos para Covid-19 no Brasil, verificando sua distribuição geográfica, entre outros indicadores. Estudo transversal, exploratório, partindo de banco público com 789 projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em Covid-19, complementado com outras buscas, inclusive no CVLattes dos pesquisadores. No banco, havia 89 projetos de testes diagnósticos. Em 45 casos, foi possível obter informações complementares para classificá-los conforme as etapas da pesquisa translacional. Identificaram-se 15 inovações que atingiram o estágio T3, ou seja, tiveram seus produtos incorporados em protocolos clínicos na atenção à saúde, mesmo considerando-se as profundas restrições orçamentárias em PD&I. O Brasil possui potencial de desenvolvimento e implementação de produtos tecnológicos na área de testes de diagnóstico para Sars-CoV-2. Políticas públicas de PD&I em saúde necessitam ser priorizadas para ampliação de cooperações nacionais e internacionais, a fim de promover efetiva autonomia nacional na vigilância sindrômica e à saúde da população.

**Palavras-Chave:** Pesquisa médica translacional. Teste para Covid-19. Pesquisa em sistemas de saúde pública

#### Abstract

There is much evidence suggesting that mitigating the COVID-19 pandemic requires syndromic surveillance and isolation of suspected/confirmed cases. The availability of diagnostic tests in the Brazilian Unified Health System (SUS) is essential, which could be facilitated by national sovereignty in development and production, considering the high demand/lack of supply in the international market. This study identified the stages of translational research into diagnostic tests for COVID-19 in Brazil, verifying their geographic distribution, among other indicators. A cross-sectional, exploratory study based on a public database with 789 Research, Development, and Innovation (RD&I) projects regarding COVID-19, complemented by other searches, including the researchers' curricula (CVLattes). There

were 89 diagnostic test projects in the database. In 45 cases, it was possible to obtain additional information to classify them according to the translational research stages. Fifteen innovations that reached the T3 stage were identified, with their products incorporated into clinical protocols in healthcare, even considering the deep budget restrictions in RD&I. Brazil has the potential to develop and implement technological products in the field of diagnostic tests for SARS-CoV-2. Public health RD&I policies need to be prioritized to expand national and international cooperation to promote effective national autonomy in syndromic surveillance and population health.

**Keywords:** Translational medical research. COVID-19 testing. Public health systems research.

## **Introdução**

Em todo o mundo, até outubro de 2021, contabilizaram-se 240 milhões de casos confirmados e mais quase 5 milhões de óbitos pela Covid-19<sup>1</sup>. No Brasil, nesse mesmo período, houve aproximadamente 21 milhões de casos confirmados e mais de 600 mil óbitos<sup>2</sup>. Em razão disso, instituições de pesquisa de diferentes países buscam tecnologias e inovações que respondam de modo efetivo à pandemia, como imunobiológicos, testes diagnósticos e outras intervenções não farmacológicas<sup>3</sup>. Entre as medidas adotadas para controle da doença, está a testagem populacional, visando ao diagnóstico precoce. Associada à vigilância em saúde, a testagem permite análise e interpretação sistemática dos dados, promovendo planejamento e intervenções adequadas<sup>4,5</sup>. Nesse sentido, a vigilância sindrômica, realizada a partir do diagnóstico, do rastreamento e do monitoramento de casos, com base na testagem, tem sido utilizada para reduzir o tempo na tomada de decisão e evitar novas infecções<sup>6-8</sup>.

As consequências sanitárias, econômicas e sociais da pandemia requerem desenvolvimento tecnológico para amenizá-las de modo seguro e eficaz<sup>3</sup>. Instituições de ensino, ao firmarem parcerias com o setor produtivo e o governo, potencializam a busca por soluções aplicáveis, transformando conhecimento em produtos benéficos à população<sup>9</sup>. Aumentar a capacidade de resposta desses atores no desenvolvimento de pesquisas e na aplicação clínica dos resultados é fundamental para a oportuna mitigação dos efeitos negativos da pandemia. Assim, a Pesquisa Translacional (PT) surge como mediadora, possibilitando a aplicação do conhecimento para promover e recuperar a saúde humana, conectando descoberta, desenvolvimento, regulação e implementação da tecnologia<sup>10</sup>. Nos últimos anos, a aproximação da PT para tradução do conhecimento e aplicação na sociedade tem sido alvo da comunidade acadêmica e de tomadores de decisão<sup>11</sup>.

No Brasil, discute-se como esse modelo deve alinhar-se realidade enquanto catalisador do desenvolvimento de tecnologias endógenas capazes de solucionar problemas de saúde<sup>12</sup>. Durante a pandemia, observou-se que a produção de pesquisas foi acelerada<sup>13</sup>. Protocolos e

métodos de detecção de Sars-CoV-2 foram rapidamente atualizados para promover diagnóstico preciso e oportuno, favorecendo a vigilância sindrômica quanto ao rastreamento e ao monitoramento de casos<sup>14,15</sup>.

Considerando a relevância de testes diagnósticos para a vigilância sindrômica, este estudo teve como objetivo identificar as etapas da PT de projetos sobre testes diagnósticos planejados no Brasil para mitigação da pandemia de Covid-19, verificando sua distribuição geográfica e correlação com a quantidade de pesquisadores na localidade, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), o Produto Interno Bruto (PIB) e a Taxa de Mortalidade Específica por Covid-19 ( $TME_{Covid-19}$ ).

## **Materiais e Métodos**

Trata-se de estudo transversal, de caráter exploratório, partindo-se de banco de dados com uma amostra de 789 projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em saúde, de 114 universidades públicas e de dois centros de pesquisa brasileiros (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz e Instituto Butantan). As informações relacionadas com esses projetos foram obtidas dos sites da Internet dessas instituições de ensino e centros de pesquisa, no período de 10 a 15 de maio de 2020<sup>16</sup>.

Após identificação dos projetos de PD&I para testes diagnósticos para Covid-19, identificaram-se as etapas da PT, seguindo-se: 1) Reconhecimento dos nomes dos responsáveis pelos projetos, por meio de busca em sites de Internet de universidades brasileiras e de editais de fomento à pesquisa no Brasil; 2) Consulta do currículo do pesquisador na Plataforma Lattes<sup>17</sup> para verificar menção à pesquisa e seus desdobramentos; 3) Consulta em ferramentas de busca livre na Internet para verificação de registros, por exemplo, artigos científicos publicados pelo pesquisador; e 4) Classificação dos projetos de PD&I conforme as etapas da PT<sup>18,19</sup> e seus respectivos temas, a partir da descrição e dos objetivos do projeto.

A PT ocorre em um contínuo de etapas desde a pesquisa até a aplicação de seus achados na clínica, em comunidades e na saúde pública<sup>18</sup>. Essas etapas envolvem cinco movimentos translacionais<sup>19</sup>: T0 – descoberta e sua documentação científica; T1 – testes pré-clínicos para avaliação de segurança e eficácia e aplicabilidade clínica; T2 – testes clínicos para avaliação de segurança e eficácia por meio de estudos observacionais e experimentais para elaboração de guias e protocolos baseados em evidências; T3 – avaliação da implementação e disseminação destes guias à prática clínica; e T4 – translação para a comunidade, com avaliação do impacto na saúde pública.

A consolidação dos dados foi feita no Programa Excel® (Microsoft Office, 2016). Verificou-se a distribuição geográfica dos projetos de PD&I por Unidades da Federação (UF) e municípios, e foram elaborados mapas utilizando-se o QGIS (versão 3.20.2, Odense), Sistema de Informação Geográfica livre e de código aberto.

Fez-se correlação da localização do centro de pesquisa responsável pela execução do projeto de PD&I com a quantidade de pesquisadores, o IDH-M, o PIB e a TME<sub>Covid-19</sub> utilizando-se o Coeficiente de Correlação de Pearson, no *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, versão 24).

Dados sobre o IDH-M 2018 foram obtidos no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil<sup>20</sup>, e os do PIB, no Sistema de Contas Regionais<sup>21</sup>. As TME<sub>Covid-19</sub> e os números absolutos de óbitos foram provenientes do Painel Covid<sup>2</sup>.

A qualidade das instituições de ensino envolvidas nas pesquisas foi identificada pelo Ranking Universitário Folha 2019 (RUF)<sup>22</sup>. O dimensionamento da quantidade de pesquisadores baseou-se no Censo de Pesquisadores do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil<sup>17</sup>.

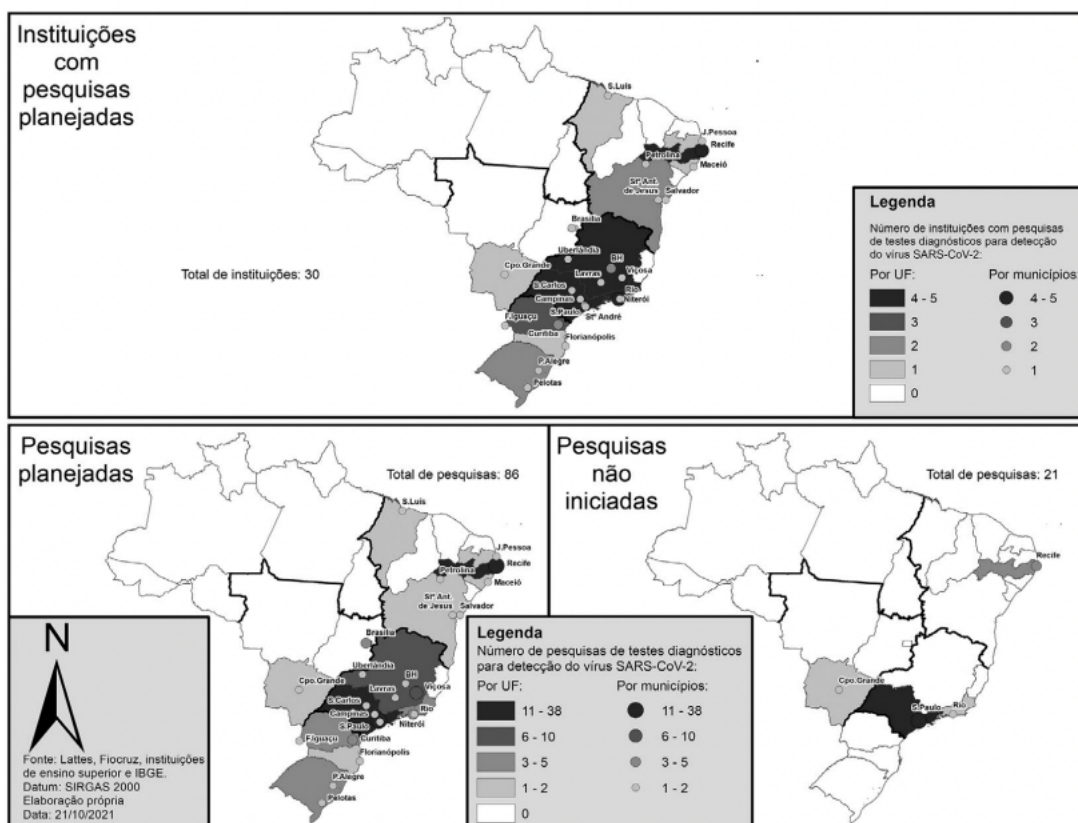
O estudo utilizou dados secundários de acesso público, dispensando-se aprovação ética.

## **Resultados**

Identificaram-se as etapas da PT para projetos de PD&I sobre testes diagnósticos relacionados com a vigilância sindrômica, planejados por pesquisadores brasileiros para mitigação da Covid-19, verificando sua distribuição geográfica e correlacionando-a à quantidade de pesquisadores, ao IDH-M, ao PIB e à TME<sub>Covid-19</sub>.

No banco de dados, 89 projetos de PD&I, de 30 instituições públicas, relacionaram-se a testes diagnósticos para detecção do Sars-CoV-2, sendo 25 universidades e 5 centros de pesquisa. Destes, 3,4% (n=3) foram excluídos por duplicidade, e 22,5% (n=20), pela impossibilidade de identificação do pesquisador responsável e de sua etapa da PT.

Houve maior concentração de pesquisas na região Sudeste, destacando-se os municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte – exceção para Recife, que está localizado na região Nordeste. Nenhuma pesquisa foi identificada na região Norte; e, para a Centro-Oeste, verificaram-se estudos apenas em Campo Grande e Brasília. A figura 1 apresenta a distribuição geográfica dessas instituições.



**Figura 1.** Distribuição geográfica das instituições com pesquisas de testes diagnósticos para detecção do vírus Sars-CoV-2 por Unidades da Federação (UF) e municípios. Brasil, 2021. Fonte: elaboração própria.

Das 86 pesquisas planejadas, o estado de São Paulo foi o que teve a maior quantidade ( $n=38$ ), seguido por Pernambuco ( $n=14$ ), Minas Gerais ( $n=10$ ), Rio de Janeiro ( $n=5$ ), Paraná ( $n=5$ ), Distrito Federal ( $n=4$ ), Rio Grande do Sul ( $n=3$ ) e Bahia ( $n=2$ ). Já os estados com apenas 1 pesquisa foram: Alagoas, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Paraíba e Santa Catarina. As instituições de ensino com maior número de pesquisas de testes diagnósticos para detecção do vírus Sars-CoV-2 também se concentraram na região Sudeste, conforme pode ser verificado na tabela 1, que evidencia sua distribuição por instituições segundo o RUF<sup>22</sup>.

Das 30 instituições, 8 estão entre as melhores do País (segundo o RUF) e concentram mais da metade das pesquisas (66,3%). As 10 instituições seguintes, que estão entre a 11ª e a 50ª posição do RUF, foram responsáveis por 18,6% das pesquisas. Nota-se que as 5 instituições fora do RUF e que representam 5,8% das pesquisas são todas unidades da Fiocruz (tabela 1).

**Tabela 1.** Distribuição das pesquisas de testes diagnósticos para detecção do vírus Sars-CoV-2 por classificação das instituições pelo Ranking Universitário Folha (RUF), Brasil, 2021.

Classificação no RUF	Número de instituições com pesquisas de testes diagnósticos de detecção do vírus Sars-CoV-2	Número de pesquisas de testes diagnósticos de detecção do vírus Sars-CoV-2	
		(n)	(%)
As 10 melhores instituições	8 <sup>a</sup>	57	66,3%
Instituições com o ranking entre 11 <sup>o</sup> e 50 <sup>o</sup>	10 <sup>b</sup>	16	18,6%
Instituições com o ranking entre 51 <sup>o</sup> e 197 <sup>o</sup>	7 <sup>c</sup>	8	9,3%
Fora do ranking	5 <sup>d</sup>	5	5,8%
Total Geral	30	86	100%

Fonte: Ranking Universitário Folha (RUF)22.

a USP (1<sup>o</sup>), Unicamp (2<sup>o</sup>), UFRJ (3<sup>o</sup>), UFMG (4<sup>o</sup>), UFSC (7<sup>o</sup>), UFPR (8<sup>o</sup>), UnB (9<sup>o</sup>) e UFPE (10<sup>o</sup>).

b UFSCar (12<sup>o</sup>), UFV (15<sup>o</sup>), UFF (17<sup>o</sup>), UFU (25<sup>o</sup>), UFLA (28<sup>o</sup>), UFPB (31<sup>o</sup>), UFPel (32<sup>o</sup>), UFABC (38<sup>o</sup>), UFMS (41<sup>o</sup>) e Ufal (45<sup>o</sup>).

c UFCSPA (61<sup>o</sup>), Unirio (65<sup>o</sup>), UPE (71<sup>o</sup>), Univasf (106<sup>o</sup>), UFRB (127<sup>o</sup>), Unila (125<sup>o</sup>) e Uema (157<sup>o</sup>).

d Fiocruz/BA, Fiocruz/MG, Fiocruz/PE, Fiocruz/PR e Fiocruz/RJ.

Para identificação das etapas da PT dos projetos de PD&I disponíveis no banco de dados utilizado, foram desconsiderados aqueles que ainda não haviam sido iniciados, o que representou 31,8% (n=21) deles, tendo sido feita a classificação para 68,2% (n=45) dos projetos. A tabela 2 mostra os projetos com seus respectivos temas e classificação nas etapas da PT.

**Tabela 2.** Classificação dos projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em saúde, na área de testes diagnósticos planejados por cientistas brasileiros para a detecção de Covid-19, quanto às etapas da pesquisa translacional e seus respectivos temas de pesquisa.

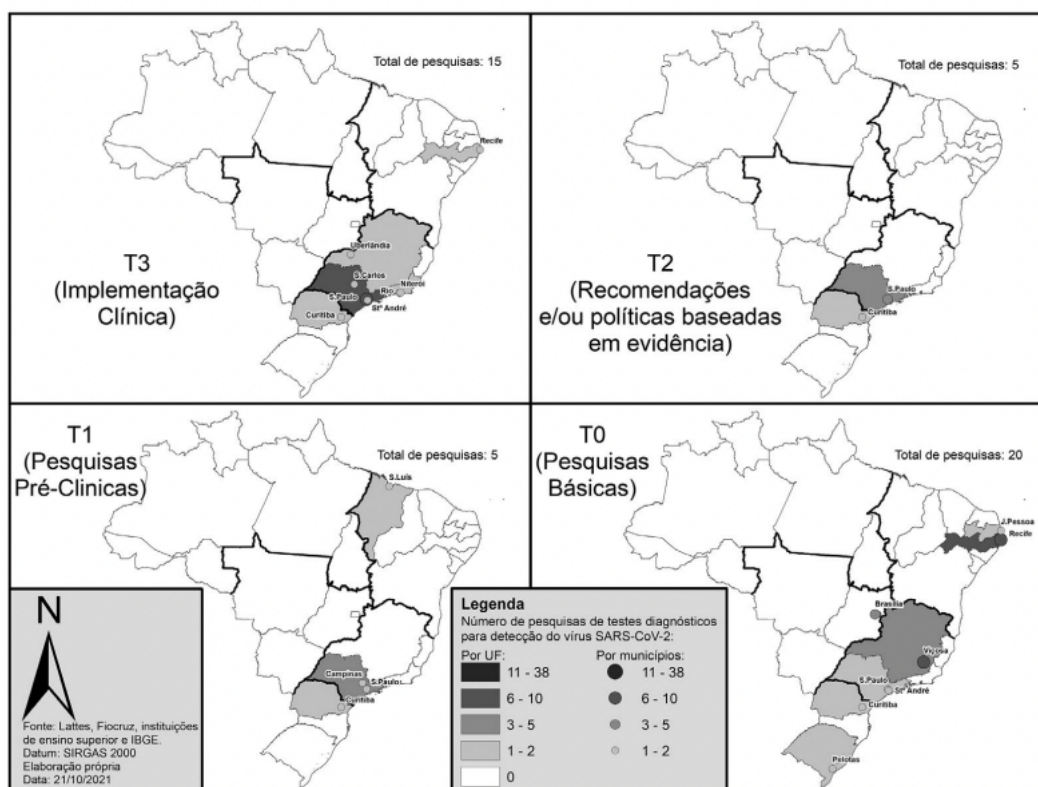
Etapa da pesquisa translacional	Projetos identificados		Temas dos projetos de PD&I em saúde, na área de testes diagnósticos para detecção de Covid-19
	(n)	(%)	
T0	20	44,5	Ciência de dados e desenvolvimento de máquinas para diagnóstico; fortalecimento da infraestrutura laboratorial; desenvolvimento de kits diagnósticos; técnicas moleculares.
T1	5	11,1	Desenvolvimento de biomarcadores para Covid-19; testes sorológicos e construção de modelo matemático para estimativa do diagnóstico.
T2	5	11,1	Inteligência artificial no diagnóstico por imagem; avaliação de testes diagnósticos e investigação da perda de olfato pela Covid-19.
T3	15	33,3	Desenvolvimento de novos testes; formulação de plataforma de diagnóstico; uso de equipamentos de imagem; validação de testes para detecção; inteligência artificial; desenvolvimento de infraestrutura laboratorial; desenvolvimento de métodos para diagnóstico.
T4	0	0,0	-
Total	45	100	-

Fonte: elaboração própria.

Verificou-se que a maioria das pesquisas 44,5% (n=20) encontra-se na etapa T0, de pesquisa básica. Em segundo lugar, o estágio T3 da pesquisa foi alcançado por 33,3% (n=15) delas. Os temas dos 15 projetos translacionados (etapa T3) enquadram-se em: inteligência

artificial, novas estratégias para diagnóstico da Covid-19, uso de equipamentos de imagens, e desenvolvimento de métodos para diagnóstico mais oportuno do Sars-CoV-2.

Neste estudo, não foram encontradas pesquisas na etapa T4, em que seu impacto na saúde da população é avaliado em coletividades. Quanto à distribuição de pesquisas de testes diagnósticos para detecção do vírus Sars-CoV-2 pelo Brasil, de acordo com as etapas da PT, observaram-se: T0 (n=20); T1 (n=05); T2 (n=05); T3 (n=15); e T4 (n=0). A maior parte das pesquisas esteve classificada em básica (T0) e distribuída entre os estados de Pernambuco, Minas Gerais, Paraíba, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, além do Distrito Federal. Paraná e São Paulo destacam-se por concentrar, pelo menos, uma pesquisa em cada uma das etapas. A região Sudeste apresentou o maior número de pesquisas T3 (figura 2).



**Figura 2.** Distribuição geográfica das pesquisas de testes diagnósticos para detecção do vírus Sars-CoV-2, com as respectivas etapas, Brasil, 2021

Fonte: elaboração própria.

Neste estudo, a partir do coeficiente de Pearson, também foi verificada a correlação entre a distribuição de pesquisas de testes diagnósticos para a detecção de Sars-CoV-2 e outras variáveis e indicadores (tabela 3).

**Tabela 3.** Matriz de correlação (coeficiente de correlação de Pearson) entre a distribuição de pesquisas de testes diagnósticos para detecção do SarsCoV-2 e óbitos por Covid-19, Taxa de Mortalidade por Covid-19 (TM<sub>Covid-19</sub>), pesquisadores, Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) por Unidade Federativa. Brasil, 2016, 2017, 2018 e 2021.

	Nº de pesquisas de testes diagnósticos para Sars-CoV-2	Nº de instituições com pesquisas de testes diagnósticos para Sars-CoV-2	Nº de óbitos por Covid-19	TM <sub>Covid-19</sub> (por 100 mil hab.)	Nº de pesquisadores	Nº de pesquisadores doutores	PIB	PIB per capita	IDH-M
Nº de pesquisas de testes diagnósticos para Sars-CoV-2	1	,694**	,894**	,126	,843**	,861**	,921**	,316	,434*
Nº de instituições com pesquisas de testes diagnósticos para Sars-CoV-2		1	,710**	,094	,798**	,787**	,664**	,288	,424*
Nº de óbitos por Covid-19			1	,283	,968**	,975**	,987**	,362	,529**
TM <sub>Covid-19</sub> (por 100 mil hab.)				1	,275	,290	,276	,658**	,705**
Nº de pesquisadores					1	,998**	,953**	,422*	,585**
Nº de pesquisadores doutores						1	,964**	,427*	,589**
PIB							1	,421*	,559**
PIB per capita								1	,891**
IDH-M									1

Fonte: elaboração própria.

\*\* Correlação é significativa no nível de 1% (bicaudal); \*Correlação é significativa no nível de 5% (bicaudal).

A correlação do número de pesquisas de testes diagnósticos foi muito forte com o PIB (0,921) e forte com o número de óbitos por Covid-19 (0,894), com o número de pesquisadores (0,843) e com o número de pesquisadores doutores (0,861).

Já o IDH-M apresentou correlação moderada, tanto com o número de pesquisas de testes diagnósticos (0,424) quanto com o número de instituições que estavam desenvolvendo pesquisas para esses testes (0,434). Ou seja, localidades com menor IDH-M foram as que menos desenvolveram pesquisas dessa natureza, o que já foi demonstrado na figura 1, em que, na região Norte, não foi identificada nenhuma delas.

## Discussão

O estudo não encontrou nenhum estado da região Norte com pesquisas para testes diagnósticos para Sars-CoV-2 (figura 1). Esse achado diverge da hipótese de que as localidades com maior incidência de Covid-19 foram as que mais investiram nessas pesquisas, pois, segundo o Painel Coronavírus do Ministério da Saúde<sup>2</sup>, no dia 24 de outubro de 2021, a região Norte era apontada como a de terceira maior incidência (10.092,3/100 mil habitantes), antecedida pela Sul (14.066,5/100 mil habitantes) e pela Centro-Oeste (14.285,8/100 mil

habitantes). Em contrapartida, São Paulo foi o estado que teve a maior quantidade de pesquisas não iniciadas (n=16), seguido por Pernambuco (n=3), Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul (n=1).

Os presentes resultados vão ao encontro do estudo realizado pelo Fórum de Reflexão Universitária da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)<sup>23</sup>, que mostrou que o investimento na ciência proporciona descentralização da pós-graduação, principalmente no estado de São Paulo devido ao financiamento constante e meritocrático de pesquisas pela Fundação de Apoio à Pesquisa de São Paulo.

O Brasil possui descentralização limitada nessa área, e o Sudeste permanece o centro de transformações da estrutura produtiva, cujo auge ocorreu no fim dos anos 1960 e início de 1970<sup>24</sup>. Foi apenas em meados dos anos 1990 que, a partir da globalização (e, com ela, a subordinação a empresas multinacionais), iniciou-se movimento de desconcentração industrial e de inovação<sup>25</sup>.

Apesar dessa concentração, tem-se atuação positiva das cooperações internacionais que são uma característica da inovação, especialmente pela articulação de mecanismos de política industrial e de inovação com outras políticas públicas, liderados por instituições históricas de pesquisa e ensino, como a Fiocruz (federal, sediada no Rio de Janeiro) e o Instituto Butantan (estadual, de São Paulo), que funcionam baseadas na conexão entre atividades científico-tecnológicas e a relevante preocupação socioeconômica e com a saúde pública<sup>24</sup>.

As pesquisas aqui identificadas se concentram nos estados mais ricos do Brasil. Pinto Junior, Zanneti e Albuquerque<sup>25</sup>, em estudo transversal sobre informações de grupos de pesquisas, evidenciaram que o estado de São Paulo concentrava 29,1% de doutores, bem como 29,1% de publicações tanto em periódicos nacionais como internacionais (37%), seguido pelos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Também, Guimarães e Humann<sup>26</sup> registraram que a implementação de programas de pós-graduação *Stricto Sensu* foi um dos fatores que estimularam a produção científica no Brasil, e reportam o Sudeste como uma das regiões com maior quantidade desses programas, impactando no desenvolvimento científico e tecnológico.

Como possíveis hipóteses para as pesquisas de testes diagnósticos para o Sars-CoV-2 que não iniciaram, citam-se: o corte no orçamento das universidades federais do Brasil no ano de 2021, a redução de recursos destinado ao Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovações nesse mesmo ano<sup>27</sup> e a retirada de bolsas de incentivo para pesquisadores<sup>28</sup>. Esses cortes de recursos destinados às pesquisas são percebidos desde 2015, em que houve interrupção de grande parte dos repasses ao financiamento de pesquisas e bolsas de fomento para pesquisadores em quase todas as agências estaduais e federais de amparo à pesquisa<sup>29</sup>.

Levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)<sup>30</sup> sobre estimativas de dispêndios com ações de PD&I para órgãos executores da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), aponta que o orçamento federal apresenta tendência de redução desde 2015. Naquele ano, foram direcionados R\$ 13.027 milhões para PD&I, reduzindo-se para R\$ 5.216 milhões, mesmo diante do melhor cenário estimado para 2020. Nesse documento, sinalizou-se que a Política Nacional de Inovação deveria garantir maior competitividade internacional, intervenção pública em falhas de mercado nas atividades privadas de PD&I, e priorização de investimentos públicos nessa área<sup>30</sup>.

Arbix<sup>31</sup>, comparando os dispêndios em PD&I em relação ao PIB de diversos países, mostrou que o Brasil está praticamente estagnado em torno de 1%. No período de 2000 a 2013, outros países dobraram seus investimentos, como Coréia (que saltou de 2% para 4% do PIB) e a China (que avançou de 1% para 2% do PIB). Para esse autor, o olhar para a tecnologia e para a inovação como força motriz ao crescimento e ao desenvolvimento da economia ainda carece de consolidação, prejudicada pelas oscilações do investimento público, pela insegurança regulatória, pelos elevados custos de produção e pela infraestrutura deficitária, que geram atraso histórico e dependência tecnológica.

Esse panorama tem gerado sérias consequências, como a evasão de pesquisadores para outros países, a desmotivação de novas descobertas científicas e a diminuição da presença de pesquisadores de baixa renda nas universidades<sup>32</sup>. Além disso, o fechamento das universidades nos meses iniciais da pandemia devido às restrições das atividades presenciais pode ter impactado negativamente o desenvolvimento das pesquisas<sup>33</sup>.

Nesse cenário, um aspecto relevante estimulado pela pandemia foi a formação de redes colaborativas entre universidades e institutos de pesquisa paulistas objetivando maior agilidade no desenvolvimento, produção e entrega de testes diagnósticos ao sistema público de saúde, para redução da fila de espera de materiais biológicos que aguardavam diagnóstico, potencializando as ações da vigilância epidemiológica. Essa rede passou a ser coordenada pelo Instituto Butantan e pretendia enfrentar os problemas derivados da limitada produção nacional e da massiva competição na aquisição de insumos no mercado internacional. Evidenciou-se que parcerias entre universidades, saúde pública e setores privados podem ser bem-sucedidas e potencialmente ágeis e efetivas na translação de produtos originados de pesquisas para as políticas públicas de saúde<sup>34</sup>.

Quintella et al.<sup>35</sup>, em estudo desenvolvido para o mapeamento de testes clínicos para diagnóstico da Covid-19 no mundo e suas respectivas fontes de financiamento, verificaram que a maioria das pesquisas identificadas era subsidiada por hospitais e, em segundo lugar, por universidades, seguido de setores governamentais, de Organizações Não Governamentais (ONG) e do setor empresarial.

Esses achados corroboram a necessidade de investimento nas universidades públicas, pois, como reportado por Moura e Camargo Júnior<sup>32</sup>, apesar de algumas pesquisas terem influências diretas no processo saúde-doença da população e sejam de relevância social, muito provável que não tenham amparo de agências privadas de fomento, tendo como base de sua existência o financiamento público, a exemplo daquelas na área da saúde coletiva.

Reforçando isso, Waldman<sup>36</sup> relata que pesquisas em saúde possuem grandes dimensões e precisam de ações intersetoriais entre universidade, instituições de ensino e pesquisa e agências de fomento ao desenvolvimento tecnológico. A atuação das universidades públicas é fundamental às ações da vigilância epidemiológica, uma vez que sua integração com a comunidade científica para o desenvolvimento de pesquisas contribui para o conhecimento de doenças e a produção de evidências de forma oportuna ao planejamento de estratégias para seu enfrentamento<sup>37</sup>.

Em contraponto, De Negri<sup>38</sup> argumenta que as subvenções a projetos de pesquisa em universidades e centros de pesquisa no Brasil são, em grande parte, mais direcionadas ao apoio da comunidade científica do que ao desenvolvimento de tecnologias essenciais ao País, em que recursos públicos de PD&I poderiam ser utilizados para desenvolver soluções em saúde e em segurança urbana, por exemplo, entre outros flagelos que afligem a sociedade brasileira.

Nesta investigação, verificaram-se estudos na Fase T3, ou seja, já incorporados à atenção à saúde<sup>39</sup>, incluindo a temática da inteligência artificial. A aceleração das pesquisas nesse tema deve-se à diminuição do contato profissional/paciente infectado, o que minimiza riscos de contaminação dos profissionais, aumenta a agilidade da triagem, subsidia hipóteses diagnósticas de maneira mais oportuna, promove a visualização de órgãos por meio de exames de imagens, e favorece o prognóstico de infecções virais<sup>40,41</sup>.

Também se pode destacar a criação de um protótipo que utiliza radiação UVC para combater a Covid-19<sup>42</sup>, a padronização de dois protocolos para testes moleculares com reagentes de baixo custo como alternativas para diagnóstico da Covid-19<sup>43</sup> e a formulação de um fluxo de trabalho direto RT-LAMP (Amplificação Isotérmica Mediada por Loop de Transcrição Reversa) que se mostrou ferramenta efetiva para detecção salivar do vírus<sup>44</sup>. Esses achados corroboram o argumento da importância do fortalecimento do pacto político para

Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) na área da saúde pública para garantia da integralidade ao acesso aos testes diagnósticos, e sobre o papel essencial que os formuladores de políticas estão tendo para integrar as atividades de CT&I com o planejamento e as políticas públicas de saúde<sup>34</sup>. Acrescentando-se, destaca-se a ágil capacidade de resposta da comunidade científica à Covid-19, com adequações em laboratórios universitários para formulação de meios alternativos para diagnóstico do Sars-CoV-2, e a produção inovadora de equipamentos e protocolos de rastreamento da doença<sup>34</sup>.

A não identificação da etapa T4 no presente estudo corrobora o documentado por Titler<sup>18</sup>, em que a autora indica essa lacuna e suas conseqüentes implicações negativas para a saúde da população. A PT em saúde torna-se relevante na medida em que estimula a tradução do desenvolvimento científico em algo aplicável, seguro e benéfico de modo oportuno<sup>45</sup>, o que, também, prescinde da avaliação de seus impactos em saúde pública.

Ferraz, Pereira e Pereira<sup>46</sup>, em revisão de escopo realizada para investigar os desafios da tradução do conhecimento na atualidade, para além da omissão governamental e de escassos incentivos das instituições de saúde, identificaram que eles estão relacionados com a falta de entendimento entre a comunidade científica e os agentes envolvidos em tomadas de decisão, e com a falta de manejo dos pesquisadores em traduzir e implementar as novas descobertas. Nesse sentido, Treichel et al.<sup>47</sup>, a partir de Comitê Gestor da Pesquisa adotado em sua experiência na implementação de tecnologias em saúde mental, sugerem a adoção dessa ferramenta pelo seu potencial de promover dialogicidade entre a pesquisa e a prática, com implementação continuada e significativa de seus desfechos pelos autores envolvidos.

Outro aspecto relevante que pode impactar na falta ou lentidão da tradução do conhecimento é a ausência de orientação da pesquisa a resultados. Dados apontaram que somente 30% dos recursos públicos de PD&I no Brasil possuem esse direcionamento a resultados, diferentemente do caso americano, em que há mais de 90%<sup>38</sup>. Assim, surge a necessidade de novas políticas públicas que guiem a inovação com essa base, com infraestrutura de escala, objetivos claros e coerentes com a necessidade da população e à resolução aos desafios do País, com melhoria de vida da sociedade. Aperfeiçoar e profissionalizar os ambientes institucionais destinados à PD&I poderia minimizar a realização da pesquisa apenas com cunho acadêmico, cujo fim se perde em si mesma, sem orientação à resolução concreta de problemas<sup>48</sup>.

Quanto à distribuição geográfica, uma hipótese para o achado na região Sudeste está relacionada com as estratégias desenvolvidas<sup>49</sup>, como a criação e a manutenção de redes de cooperação entre universidades que potencializaram a produção de testes diagnósticos

moleculares para a detecção do novo coronavírus<sup>50</sup>, especialmente na cidade de São Paulo, em que a translação evidenciou sucesso pela utilização de produtos e tecnologias advindos das pesquisas<sup>34</sup>. Além disso, o estabelecimento de parcerias para o desenvolvimento produtivo que envolvem articulações entre laboratórios públicos e empresas farmacêuticas privadas para a transferência de tecnologia fortalece a produção local e as aquisições centralizadas pelo Ministério da Saúde, possibilita a ampliação do acesso e a redução das vulnerabilidades do Sistema Único de Saúde (SUS), aliando PD&I à dimensão econômica social<sup>51</sup>.

Apesar de o número de pesquisa T3 estar maiormente concentrado no Sudeste, para Garcia *et al.*<sup>52</sup>, a falta de ações coordenadas no âmbito do governo federal brasileiro deslocou a responsabilidade da adoção de medidas para mitigar os efeitos negativos da pandemia de Covid-19 a estados e municípios. Assim, aqueles em que já se havia maior capacidade produtiva, tecnológica e de pesquisa instalados saíram na frente não só na adoção de medidas sanitárias, mas também de PD&I, o que acabou beneficiando todo o território nacional.

Para Magno *et al.*<sup>53</sup>, medidas efetivas de diagnóstico estão incluídas entre as melhores práticas de prevenção da infecção e controle da transmissão do Sars-CoV-2, e podem complementar a vigilância sindrômica ao agregar estratégias de testagem em larga escala. No contexto da pandemia de Covid-19, a vigilância sindrômica deve ser mantida como rotina, com amostragem e testes laboratoriais de todos ou de um subconjunto de casos, objetivando identificar as tendências de outras doenças que se apresentam de forma semelhante à sintomatologia do Sars-CoV-2, para orientar oportunamente as ações de saúde pública<sup>54</sup>, por configurar-se em uma prática frequentemente utilizada por sistemas de vigilância em saúde pública e estar concentrada na identificação precoce de sintomas<sup>55</sup>.

A correlação das pesquisas sobre os testes diagnósticos feita com o PIB justificou-se por este ser um dos principais indicadores de crescimento econômico e por vincular-se à geração de riquezas<sup>56</sup>. Neste estudo, o PIB demonstrou associação linear com a concentração das pesquisas no Sudeste, região de maior PIB brasileiro. O PIB alto não necessariamente significa que a qualidade de vida dos moradores de determinado local será alta, mas implica alto grau de fluxo de bens e serviços que, potencialmente, por meio de adequadas políticas públicas, melhoram indicadores de saúde<sup>57</sup>.

Para Gadelha *et al.*<sup>58</sup>, é evidente a desproporção entre o gasto em saúde e sua distribuição no Brasil, o que exige não somente aumento elevado do financiamento público no setor da saúde, mas também o fortalecimento da base produtiva nacional para adequação econômica sob a perspectiva de universalização, considerando as novas configurações das

demandas, a evolução nos processos tecnológicos, a concorrência (sobretudo do mercado internacional) e os aspectos regulatórios.

Já o IDH-M mensura a qualidade de vida nas cidades; então, conhecê-lo e observar sua relação com outros indicadores, como a taxa de mortalidade, auxilia na compreensão da dinâmica de propagação do novo coronavírus e na necessidade do desenvolvimento de pesquisas e tecnologias para promover a redução dos óbitos e demais danos causados pela pandemia no território<sup>59</sup>. IDH-M baixos podem estar relacionados com uma maior incidência de Covid-19<sup>60</sup>. Em estudo que analisou a distribuição espacial da Covid-19 no estado do Pará em relação ao IDH-M, verificou-se que cidades com IDH-M baixo possuíam forte correlação com a taxa de letalidade pela doença, enquanto as de IDH-M médio e alto estavam mais fortemente correlacionadas a maiores taxas de recuperação dos casos<sup>61</sup>.

Uma vez que os dados apresentam uma limitação temporal por representar uma amostra de projetos de PD&I coletadas até 15 de maio de 2020, e por se tratar de dados secundários, podem estar sujeitos a sub-registros. Além disso, a classificação dos temas dos projetos foi feita de modo subjetivo a partir de sua descrição e objetivos constantes nas informações dos bancos de dados em que as pesquisas foram consultadas.

### **Considerações Finais**

Este estudo auxiliou a ampliar o olhar sobre pesquisas de testes diagnósticos para a detecção de Sars-CoV-2 no Brasil, considerando sua implicação com a vigilância sindrômica, identificando-se as etapas da PT de projetos nessa área, e sua correlação com outros indicadores.

Mesmo com as profundas restrições orçamentárias em PD&I, identificaram-se 15 inovações que atingiram o estágio T3, com produtos incorporados em protocolos clínicos na saúde. A maioria das pesquisas esteve no T0, e nenhuma no T4.

Apesar de universidades e centros de pesquisa públicos de destaque mundial estarem no Brasil, ainda é necessário promover seu desenvolvimento, com aprimoramento de infraestrutura e estímulo à criatividade dos pesquisadores, rumo a uma ciência de excelência orientada a resultados, com movimentos de translação oportunos cujos produtos e tecnologias seriam voltados à resolução de problemas da sociedade brasileira.

Observou-se maior concentração de pesquisas no Sudeste, região com maior número de instituições de ensino e centros de pesquisa, de pesquisadores, de pesquisadores doutores e de universidades classificadas dentre as 10 melhores do País. As pesquisas mostraram-se mais presentes em localidades de maior PIB, o que pode denotar desigualdades locais regionais.

O Brasil possui potencial de desenvolvimento e implementação de produtos tecnológicos na área de testes de diagnóstico para Sars-CoV-2. Políticas públicas de PD&I em saúde necessitam de priorização com vistas à ampliação de parcerias e de cooperações nacionais e internacionais, inclusive com o complexo industrial, de modo a potencializar e a desconcentrar a produção científico-tecnológica, e a facilitar a implementação e a avaliação de impacto de seus produtos, resgatando a função precípua da pesquisa em saúde, a de promover a saúde da população.

## Referências

1. Organização Pan-Americana da Saúde. Folha informativa sobre Covid-19. 2021 [acesso em 2021 out 14]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/apoio-da-opas-ao-brasil-durante-pandemia-covid-19>.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (Covid-19) no Brasil pelo Ministério da Saúde. Versão v2.0. 2021. [acesso em 2021 out 17]. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>
3. Leineweber FV, Bermudez JAZ. The influence of the U.S. response to Covid-19 in global health. *Ciênc. Saúde Colet.* 2021 [acesso em 2021 out 17]; 26(3):1001- 12. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33729354/>
4. Nussbaumer-Streit B, Mayr V, Dobrescu AI, et al. Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2020 [acesso em 2021 set 15]. Disponível em: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD013574>.
5. Thacker SB, Berkelman RL. Public health surveillance in the United States. *Epidemiologic Reviews.* 1988 [acesso em 2021 out 17]; 10(1):164-90. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3066626/>.
6. Prado NMBL, Biscarde DGS, Pinto Junior EP, et al. Ações de vigilância à saúde integradas à Atenção Primária à Saúde diante da pandemia da Covid-19: contribuições para o debate. *Ciênc. Saúde Colet.* 2021 [acesso em 2021 set 12]; 26(7):2843-57. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/z5WSwQfqN6348KfWcnS34pL/?lang=pt>.
7. Lazarus R, Kleinman KP, Dashevsky I, et al. Using automated medical records for rapid identification of illness syndromes (syndromic surveillance): the example of lower respiratory infection. *BMC Public Health.* 2001 [acesso em 2021 out 17]; 22;1(1):9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11722798/>.
8. Torres AR, Silva S, Kislaya I, et al. Detecção Precoce de COVID-19 em Portugal: Uso de Registos Clínicos. *Acta Méd. Port.* 2021 [acesso em 2021 out 17]; 34(3):176. Disponível em: <https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/viewFile/14593/6271>.
9. Fernandes ACS. Brazilian social and economic development depends on science. *Brazilian J. Med. Hum. Health.* 2017 [acesso em 2021 set 2]; 5(3):88-9. Disponível em: <https://www5.bahiana.edu.br/index.php/medicine/article/view/1615>.
10. Lupatini EO, Barreto JOM, Zimmermann IR, et al. Medicamentos e pesquisa translacional: etapas, atores e políticas de saúde no contexto brasileiro. *Saúde debate.* 2019 [acesso em 2021 out 17]; 43(esp2):181- 99. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/g8hMhnmcCkdxhKpb5zpCvCn/?lang=pt>.

11. Barreto JOM, Silva EN, Gurgel-Gonçalves R, et al. Pesquisa translacional em saúde coletiva: desafios de um campo em evolução. *Saúde debate*. 2019 [acesso em 2021 out 17]; 43(esp2):4-9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/LZJ7mh5tGYYkfwMmJ4V3Kgt/?lang=pt>.
12. Che X-Y, Hao W, Wang Y, et al. Nucleocapsid Protein as Early Diagnostic Marker for SARS. 2004. [acesso em 2021 set 10]. Disponível em: [www.cdc.gov/eid](http://www.cdc.gov/eid).
13. Turner T, El-Jardali F. The crucible of COVID-19: The crucible of COVID-19: what the pandemic is teaching us about health research systems. *Health Res Policy Sys*. 2020 [acesso em 2021 out 17]; 18(52):1-3. Disponível em: <https://health-policy-systems.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12961-020-00573-1>.
14. Sabino-Silva R, Jardim ACG, Siqueira WL. Coronavirus COVID-19 impacts to dentistry and potential salivary diagnosis. *Clinical Oral Invest*. 2020 [acesso em 2021 out 17]; 24(4):1619-21. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32078048/>.
15. Pan American Health Organization. Laboratory Guidelines for the Detection and Diagnosis of COVID-19 Virus Infection. Paho. 2020 jul 8. [acesso em 2021 set 12]. Disponível em: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52458/PAHOIMSPHECOVID-19200038\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52458/PAHOIMSPHECOVID-19200038_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
16. Rosa MFF, Silva EN, Pacheco C, et al. Direct from the COVID-19 crisis: research and innovation sparks in Brazil. *Health Research Policy and Systems*. 2021 [acesso em 2021 ago 12]; 19(10):1-7. Disponível em: <https://health-policy-systems.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12961-020-00674-x#citeas>.
17. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Plataforma Lattes. 2021. [acesso em 2021 out 9]. Disponível em: <https://lattes.cnpq.br>.
18. Titler M. Translation Research in Practice: An Introduction. *OJIN: The Online J. Iss. Nurs*. 2018 [acesso em 2021 set 12]; 23(2):1-1. Disponível em: <https://ojin.nursingworld.org/MainMenuCategories/ANAMarketplace/ANAPeriodicals/OJIN/TableafContents/Vol23-2018/No2-May-2018/Translational-Research-in-Practice.html>.
19. Khoury MJ, Gwinn M, Ioannidis JPA. The emergence of translational epidemiology: From scientific discovery to population health impact. *Am. J. Epid*. 2010 [acesso em 2021 out 17]; 172(5):517-524. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2927741/>.
20. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Brasil; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Fundação João Pinheiro. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2020. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>.
21. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Regionais: Brasil 2018. 77. ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2020. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101765\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101765_informativo.pdf).
22. Folha de São Paulo. Ranking Universitário Folha. 2019. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://ruf.folha.uol.com.br/2019/ranking-de-universidades/principal/>.
23. Fórum de Reflexão Universitária da Unicamp. Os desafios da pesquisa no Brasil. *Cad. Temát. Sup. J. Unicamp*. 2002 [acesso em 2021 out 19]; 1(12):1-4. Disponível em: [https://unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/jornalPDF/ju170tema\\_p01.pdf](https://unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/jornalPDF/ju170tema_p01.pdf).
24. Cassiolato JE, Szapiro MHS. Os dilemas da política industrial e de inovação: os problemas da Região Sudeste são os do Brasil. In: Leal CFC. Um olhar territorial para o desenvolvimento: Sudeste. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; 2015. p. 284-317. [acesso em 2021 out 17]. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7053/1/Os%20dilemas%20da%20pol%C3%ADtica%20industrial%20e%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o\\_11\\_.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7053/1/Os%20dilemas%20da%20pol%C3%ADtica%20industrial%20e%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o_11_.pdf)

25. Pinto Júnior VL, Zanneti MM, Albuquerque AA. Perfil da pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação na área de saúde da capital do Brasil. *Com. Ciênc. Saúde*. 2011 [acesso em 2021 out 19]; 22(2):105-11. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/42373/2/ve\\_Vitor\\_Pinto\\_Junior\\_et al.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/42373/2/ve_Vitor_Pinto_Junior_et al.pdf).
26. Guimarães JA, Humann MC. Training of human resources in science and technology in Brazil: The importance of a vigorous post-graduate program and its impact on the development of the country. *Scientometrics*. 1995 [acesso em 2021 out 17]; 34(1):101-19. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/11192/34/1/article-p101.xml>.
27. Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior. Entidades da ICTP. br se manifestam contra retirada de recursos destinados a bolsas e apoio à pesquisa. 2021. [acesso em 2021 out 17]. Disponível em: <https://www.andifes.org.br/?p=90379>.
28. Delgado M. Brasil deixa milhares de cientistas no limbo. *Deutsche Well*. 2021. [acesso em 2021 out 17]. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/brasil--deixa-milhares-de-cientistas-no-limbo/a-57283758>.
29. Saraiva IZ, Menezes NS, Oliveira N, et al. Impactos das Políticas de Quarentena da Pandemia Covid-19, Sars-Cov-2, sobre a CT&I Brasileira: prospectando cenários pós-crise epidêmica. *Cad Prospec*. 2020 [acesso em 2021 set 13]; 13(2):2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/36066>.
30. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Investimentos Federais em Pesquisa e Desenvolvimento: estimativas para o período 2000-2020. Brasília, DF: IPEA; 2020. (Nota Técnica v. 56). [acesso em 2021 out 18]. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9656/1/NT\\_56\\_Diset\\_Investimentos\\_federais\\_em\\_pesquisa\\_e\\_desenvolvimento.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9656/1/NT_56_Diset_Investimentos_federais_em_pesquisa_e_desenvolvimento.pdf).
31. Arbix G. Dilemas da inovação no Brasil. In: Turchi LM, Morais JM, organizadores. Políticas de Apoio à Inovação Tecnológica no Brasil: Avanços Recentes, Limitações e Propostas de Ações. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2017. p. 115- 66. [acesso em 2021 set 12]. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/171103\\_politicas\\_de\\_apoio\\_a\\_inovacao.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/171103_politicas_de_apoio_a_inovacao.pdf).
32. Moura EG, Camargo Junior KR. A crise no financiamento da pesquisa e pós-graduação no Brasil. *Cad. Saúde Pública*. 2017 [acesso em 2021 out 17]; 33(4). Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2017000400101&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2017000400101&lng=pt&tlng=pt).
33. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Education: From disruption to recovery. UNESCO. 2021 [acesso em 2021 out 27]; (19):1-10. Disponível em: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>.
34. Silva RGL, Chammas R, Plonski GA, et al. University participation in the production of molecular diagnostic tests for the novel coronavirus in Brazil: The response to health challenges. *Cad. Saúde Pública*. 2020 [acesso em 2021 out 19]; 36(6). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32609169/>.
35. Quintella CM, Quintella HM, Palma GB, et al. Coronavírus (SARS-CoV-2) e COVID-19: mapeamento de testes clínicos Coronavírus. *Cadernos de Prospecção*. 2020 [acesso em 2021 set 12]; 13(2):397. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v13i2.COVID-19.36175>.
36. Waldman EA. Vigilância epidemiológica como prática de saúde pública. [tese]. [São Paulo]: Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo; 1991. [acesso em 2021 out 18]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6132/tde-25072016-175116/pt-br.php>

37. Costa ZGA, Romano APM, Elkhoury ANM, et al. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. *Rev. Pan- -Amazônica de Saúde*. 2011 [acesso em 2021 out 17]; 2(1):11-26. Disponível em: [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2176-62232011000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232011000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en).
38. De Negri F. Inovação e produtividade: por uma renovada agenda de políticas públicas. *Boletim Radar IPEA*. 2015 [acesso em 2021 set 11]; (42):7-15. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5980/1/Radar\\_n42\\_inova%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5980/1/Radar_n42_inova%C3%A7%C3%A3o.pdf).
39. Khoury MJ, Gwinn M, Yoon PW, et al. The continuum of translation research in genomic medicine: How can we accelerate the appropriate integration of human genome discoveries into health care and disease prevention? *Genet. Med*. 2007 [acesso em 2021 out 19]; 9(10):665-74. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18073579/>.
40. Agência Brasil. Inteligência artificial pode desafogar sistema de saúde na pandemia. Agência Brasil. 2021. p. 10-4. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-07/inteligencia-artificial-desafoga-sistema-na-pandemia>.
41. Estadão, Caderno Summit Saúde Brasil 2022. Inteligência artificial (IA) prevê gravidade em casos de covid-19. Estadão. 2021. p. 11-4. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/inteligencia-artificial-ia-preve-gravidade-em-casos-de-covid-19/>.
42. Bock E, Fotoran W, Margarido G, et al. Descritivo das ações do grupo de pesquisa institucional do IFSP para utilização de radiação UVC no combate ao COVID-19. *The Acad. Soc. J*. 2020 [acesso em 2021 out 19]; 4(4):253-7. Disponível em: <https://www.theacademicociety.net/tasjonline-v4-pg-253-257>.
43. Dorlass EG, Monteiro CO, Viana AO, et al. Lower cost alternatives for molecular diagnosis of COVID-19: conventional RT-PCR and SYBR Green-based RT- qPCR. *Braz. J. Microb*. 2020 [acesso em 2021 set 11]; 51(3):1117-23. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42770-020-00347-5>.
44. Kobayashi GS, Brito LA, Moreira DP, et al. A novel saliva RT-LAMP workflow for rapid identification of COVID-19 cases and restraining viral spread. *Diagnostics*. 2021 [acesso em 2021 out 19]; 11(8):1-19. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4418/11/8/1400>.
45. Wehling M. *Principles of Translational Science in Medicine*. Amsterdam: Elsevier; 2015. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C2013015547X>.
46. Ferraz L, Pereira RPG, Pereira AMRC. Tradução do Conhecimento e os desafios contemporâneos na área da saúde: uma revisão de escopo. *Saúde debate*. 2019 [acesso em 2021 out 15]; 43(esp2):200-16. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/hVLgmkWFGwytPvC3BkwLgZk/?lang=pt>.
47. Treichel CAS, Silva MC, Presotto RF, et al. Comitê Gestor da Pesquisa como dispositivo estratégico para uma pesquisa de implementação em saúde mental. *Saúde debate*. 2019 [acesso em 2021 out 19]; 43(esp2):35-47. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-11042019000600035&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019000600035&tlng=pt).
48. De Negri F. Por Uma Nova Geração de Políticas de Inovação no Brasil. In: Turchi LM, Morais JM, organizadores. *Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2017. p. 492. [acesso em 2021 set 17]. Disponível em:

- [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8125/1/Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8125/1/Políticas%20de%20apoio%20à%20inovação%20tecnológica%20no%20Brasil.pdf).
49. CNN Brasil. Dos mais de 46 milhões de testes prometidos por Teich, só 11 % são distribuídos. CNN Brasil. 2021. p. 1-7. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/dos-mais-de-46-milhoes-de-testes-prometidos-por-teich-so-11-sao-distribuidos/>.
  50. Agência Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. Laboratórios da USP, Unicamp e Unesp integram plataforma de testes para diagnóstico da Covid-19. Alumni USP. 2020. p. 1-5. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <http://www.alumni.usp.br/laboratorios-da-usp-unicamp-e-unesp-integram-plataforma-de-testes-para-diagnostico-da-covid-19/>
  51. Rezende KS. As parcerias para o desenvolvimento produtivo e estímulo à inovação em instituições farmacêuticas públicas e privadas. 2013. [acesso em 2021 set 20]. Disponível em: <https://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=3508>.
  52. Garcia PJ, Alarcón A, Bayer A, et al. COVID-19 Response in Latin America. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2020 [acesso em 2021 out 5]; 103(5):1765-72. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7646820/>.
  53. Magno L, Rossi TA, Mendonça-Lima FW, et al. Challenges and proposals for scaling up COVID-19 testing and diagnosis in Brazil. *Ciênc. Saúde Colet.* 2020 [acesso em 2021 set 18]; 25(9):3355-64. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/HdGWGh93bVjLYqw9z5p3zQz/abstract/?lang=en>
  54. Organização Pan-Americana da Saúde. Prevenção, identificação e manejo de infecção em profissionais de saúde no contexto da COVID-19. Brasília, DF: OPAS; 2020. (Publications/Publicaciones – Brazil). [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53142>.
  55. Henning KJ. Overview of syndromic surveillance: What is syndromic surveillance? *MMWR Morb Mortal Wkly Repr.* 2004 [acesso em 2021 out 17]; (53):5- 11. Disponível em: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/su5301a3.htm#:~:text=Strictly%20defined%2C%20syndromic%20surveillance%20gathers,the%20early%20phases%20of%20illness>.
  56. Mattedi AP, Bazanela Júnior AN, Santos FTC, et al. Desenvolvimento econômico, social e tecnológico: sob uma perspectiva dos indicadores. *RCH.* 2015 [acesso em 2021 out 18]; 8(2):101-16. Disponível em: <http://www.rchunitau.com.br/index.php/rch/article/view/284>.
  57. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto – PIB IBGE. [acesso em 2021 out 19]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>
  58. Gadelha CAG, Maldonado J, Vargas M, et al. Perspectivas do investimento em saúde – Relatório final do estudo do sistema produtivo. Rio de Janeiro: Unicamp; 2008. [acesso em 2021 out 17]. Disponível em: [https://www.eco.unicamp.br/Neit/images/stories/arquivos/PerspectivasdoInvestimento/ie\\_ufrj\\_sp11\\_saude.pdf](https://www.eco.unicamp.br/Neit/images/stories/arquivos/PerspectivasdoInvestimento/ie_ufrj_sp11_saude.pdf).
  59. Noy I, Doan N, Ferrarini B, Park D. Measuring the Economic Risk of COVID-19. *Global Policy.* 2020 [acesso em 2021 out 17]; 11(4):413-23. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1758-5899.12851>.
  60. Snyder B, Parks V. Spatial Variation in Socio-ecological Vulnerability to COVID-19 in the Contiguous United States. *SSRN Elect. J. Health Place.* 2020 [acesso em 2021 out 19]; 66:102471. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3587713](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3587713).

61. Santos SB, Silva MM, Rodrigues GF, et al. A epidemiologia da Covid-19 e sua relação com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Estado do Pará. Res. Soc. Develop. 2021 [acesso em 2021 out 19]; 10(14):e27101421578. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21578>.

## 5.2 ARTIGO 2

(Publicado em setembro de 2024, no periódico “Revista Saúde em Debate”, conforme Apêndice B).

---

Qualificação da Atenção Primária à Saúde para o diagnóstico laboratorial da Covid-19 no Distrito Federal

*Primary Health Care Qualification for laboratory diagnosis of Covid-19 in the Distrito Federal*

Autores: Fabrício Vieira Cavalcante, Ruth da Conceição Costa e Silva Sacco, Aimê Oliveira, Taciana Silveira Passos, Tiago Machado de Alencar, Christina Pacheco Santos Martin, Leonor Maria Pacheco Santos

### Resumo

A pandemia de Covid-19 exigiu reorganização das Unidades Básicas de Saúde (UBS) para garantir maior capacidade diagnóstica laboratorial em tempo oportuno, o que requereu profissionais de saúde capacitados, disponibilidade de insumos/materiais e estratégias adequadas de manejo das amostras junto ao Laboratório Central (LACEN). Em 2020-2021, a estrutura das UBS do Distrito Federal (DF) foi avaliada por meio de estudo transversal analítico, censitário. A coleta de dados foi remota por meio de entrevista estruturada e questionário de autopreenchimento. Fez-se análise estatística no Software R, comparando UBS-Sentinela com UBS-Tradicional. A capacitação no teste rápido e/ou na coleta da amostra por Swab entre enfermeiros foi quase universal (>99%) e entre técnicos de enfermagem foi alta (70%); por outro lado somente 9% dos médicos receberam alguma capacitação. Registrou-se fluxo definido para encaminhar amostras para o LACEN em 89% das UBS, visando diagnosticar o SARS-CoV-2; os prazos de retorno dos resultados laboratoriais foram cumpridos em 70% dos casos. Insumos, materiais e equipamentos estavam disponíveis em quantidades suficientes, sobretudo nas UBS-Sentinela. Nestas, 63% das equipes conhecia o manual de coleta MA-LACEN-0007, comparado com 35% das equipes na UBS-Tradicional ( $p < 0,001$ ). Apesar dos desafios, o DF apresentou capacidade de resposta satisfatória no tocante ao diagnóstico laboratorial de Covid-19.

**Palavras-chave:** Capacidade de resposta ante emergências. Atenção primária à saúde. Vigilância em saúde pública. Covid-19.

### Abstract

The Covid-19 pandemic required the reorganization of Basic Health Units (UBS) to ensure greater laboratory diagnostic capacity in a timely manner, which required trained health professionals, availability of inputs/materials and adequate sample management strategies at the Central Laboratory (LACEN). In 2020-2021, the structure of UBS in the Federal District (DF) was evaluated through an analytical cross-sectional census study. Data collection was remote through structured interviews and a self-completed questionnaire. Statistical analysis was carried out in Software R, comparing UBS-Sentinela with UBS-Tradicional. Training in rapid testing and/or Swab sample collection among nurses was almost universal (>99%) and among nursing technicians it was high (70%); on the other hand, only 9% of doctors received any training. A defined flow was registered to forward samples to LACEN in 89% of UBS,

aiming to diagnose SARS-CoV-2; The deadlines for returning laboratory results were met in 70% of cases. Inputs, materials and equipment were available in sufficient quantities, especially at UBS-Sentinela. In these, 63% of the teams knew the MA-LACEN-0007 collection manual, compared to 35% of the teams at UBS-Tradicional ( $p < 0.001$ ). Despite the challenges, the DF showed a satisfactory response capacity regarding the laboratory diagnosis of Covid-19.

**Keywords:** Surge Capacity. Primary Health Care. Public Health Surveillance. Covid-19

## Introdução

Em 31 de dezembro de 2019, vários casos de pneumonia de etiologia desconhecida em Wuhan foram relatados pela República Popular da China à Organização Mundial da Saúde (OMS). Descobriu-se que o agente causador era um novo coronavírus, que posteriormente foi chamado de coronavírus respiratório agudo grave 2 (SARS-CoV-2). Em 26 de fevereiro de 2020, foi registrado o primeiro caso de Covid-19 na América do Sul, sendo que Brasil, Equador e Colômbia estão entre os países mais afetados em todo o mundo <sup>1-2</sup>.

O primeiro caso confirmado de Covid-19 no Distrito Federal (DF) foi no dia 05 de março de 2020 e, em dez dias seguidos, houve grande incremento de casos. Segundo dados do Ministério da Saúde (MS), no início do segundo semestre de 2020, Brasília era a metrópole com mais casos confirmados *per capita* do país, mais que o dobro da região metropolitana de São Paulo <sup>3</sup>. Em 11 de março de 2020, a OMS declarou o surto de Covid-19 como uma emergência sanitária internacional <sup>1-2</sup>.

A Covid-19, doença causada pelo SARS-CoV-2, tem um espectro clínico muito amplo. Sua apresentação clínica mais comum é uma infecção respiratória leve e, menos comumente, pneumonia com febre, tosse e dispneia. Outros sinais e sintomas, como odinofagia, anosmia, ageusia, dores musculares, diarreia, dor torácica e cefaleia, entre outros, fazem parte da infecção aguda <sup>4-6</sup>.

A Atenção Primária à Saúde (APS), ao servir de porta de entrada para o Sistema Único de Saúde (SUS), tem um papel crucial no acolhimento, na prevenção, no diagnóstico e no manejo de pacientes na comunidade, por sua capacidade de diminuir a sobrecarga da atenção especializada, sobretudo de hospitais, desempenhando ações de organização do fluxo dos usuários e de coordenação do cuidado <sup>7</sup>.

A APS tem sido discutida mundialmente como uma das principais estratégias no controle da pandemia da Covid-19 incluindo testagem e notificação <sup>8</sup>. No início da pandemia, o teste diagnóstico era aconselhável para indivíduos com sintomas ou aqueles expostos a pessoas com suspeita ou confirmação da doença. O teste também era recomendado para fins de viagem, recreação, reuniões sociais e profissionais <sup>9-10</sup>. Os resultados oportunos desses testes

ajudaram a fornecer recomendações aos pacientes, a proteger os trabalhadores da saúde e a limitar a transmissão da COVID-19 <sup>11</sup>.

Destarte, a APS contribuiu significativamente para o alcance da equidade e da universalidade e atuou de forma integrada às ações de vigilância em saúde nos territórios durante a crise sanitária <sup>12-16</sup>. Apesar disso, os profissionais de saúde da APS lidaram com a insuficiência de treinamento, com a escassez de insumos e tiveram que se reorganizar para os novos fluxos assistenciais <sup>17-19</sup>. Foram documentadas condições de trabalho precárias em países asiáticos e europeus, que resultaram em redução na qualidade do atendimento e configurou ameaça à segurança de pacientes e profissionais de saúde <sup>18, 20-21</sup>.

No caso da epidemia de Covid-19, seguindo as orientações estabelecidas no documento “Estratégias de Vigilância para Infecção Humana pela Covid-19 <sup>22</sup>, as Unidades Básicas de Saúde Sentinela (UBS-Sentinela) atuaram no desenvolvimento de ações relacionadas à investigação de surtos de forma sistemática, continuada, rotineira e oportuna, como forma de resposta à pandemia. Compreende-se como unidade sentinela aquela que colabora com o cumprimento das ações de vigilância em saúde. Trata-se de uma forma eficiente e custo-efetiva de coleta e gerenciamento de dados para manejo de doenças, especialmente infecciosas <sup>23</sup>.

No DF, além das ações realizadas pelas UBS-Sentinela, o Programa de Qualificação da Atenção Primária à Saúde (Qualis-APS), instituído pela Portaria nº. 39, de 23 de janeiro de 2019 <sup>24</sup>, tem acompanhado de perto a reestruturação das UBS para uma melhor qualificação da assistência aos usuários e, em 2020, realizou avaliação da resposta da APS à pandemia da Covid-19 <sup>25</sup>.

Considerando o cenário epidemiológico e a necessidade de identificar o preparo da APS para responder às demandas da pandemia, este estudo analisa a capacidade das Unidade Básicas de Saúde (UBS) do DF para o diagnóstico laboratorial da Covid-19, incluindo capacitação dos profissionais, estratégias de manejo das amostras e disponibilidade de testes diagnósticos, nos anos de 2020-2021.

## **Material e Métodos**

Trata-se de estudo transversal analítico, censitário, desenvolvido no contexto do Programa Qualis-APS. Os dados de interesse foram coletados, remotamente, a partir de agosto de 2020. Dentre as 165 UBS existentes no DF, duas atrasaram a coleta de dados, (1,2%), mas finalizaram nos dias 4 e 7 janeiro de 2021. Deste modo, mais de 99% da coleta de dados ocorreram no primeiro ano da pandemia (2020). Foi possível concluir a pesquisa com 159 UBS (perda amostral de 3,6%).

Os gestores das 165 UBS foram contactados previamente para os devidos esclarecimentos sobre a pesquisa e sobre a exigência da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), a ser assinado eletronicamente antes do início da entrevista.

A metodologia envolveu entrevistas e preenchimento de formulário. As entrevistas foram estruturadas e conduzidas com gestores ou supervisores de 159 UBS do DF por meio de ligação telefônica, após a qual, cada entrevistado realizou o autopreenchimento do formulário eletrônico cujo *link* foi disponibilizado por mensagem de e-mail.

Para a produção de informações e coleta de dados, utilizou-se Instrumento desenvolvido como parte das atividades do Programa Qualis-APS para análise da estrutura e da capacidade de resposta das UBS à Covid-19. Tal instrumento está composto por 11 Eixos: Eixo 1 (identificação do respondente), Eixo 2 (identificação da UBS), Eixo 3 (funcionamento da UBS durante a pandemia de Covid-19), Eixo 4 (capacitação da força de trabalho), Eixo 5 (organização e processo de trabalho), Eixo 6 (estrutura), Eixo 7 (equipamentos, móveis e insumos), Eixo 8 (Equipamento de Proteção Individual -EPI), Eixo 9 (acompanhamento do paciente e exames), Eixo 10 (informação, vigilância, integração e comunicação) e Eixo 11 (gestão). No total, 127 itens compuseram o Instrumento e sua aplicação foi dividida em dois módulos: telefone (duração média de 45 minutos) e autopreenchimento (duração média de 60 minutos) <sup>25</sup>. Para o Eixo 4, optou-se por analisar as variáveis relacionadas aos profissionais Enfermeiro, Técnico de Enfermagem, Médico, Cirurgião-Dentista e Técnico em Saúde Bucal que foram aqueles que, durante a pandemia, tinham habilitação legal para a realização dos testes diagnósticos para Covid-19, ora por ser ação inerente a seu exercício profissional (medicina e enfermagem) ora por ter havido autorização da entidade de classe para tal (odontologia) <sup>26-27</sup>.

O instrumento foi hospedado no *Software Research Electronic Data Capture* (REDCap), plataforma para coleta de dados de acesso aberto, criada pela *Vanderbilt University, Tennessee, EUA* <sup>28</sup>.

No DF, existem 165 UBS, sendo 61 UBS-Sentinela para a Vigilância de Síndrome Gripal e Síndrome Respiratória Aguda Grave; as 104 restantes são UBS-Tradicionais. Para identificar os locais de maior concentração de UBS-Sentinela, verificou-se a distribuição geográfica, por Regiões de Saúde, das 159 UBS participantes, especificando as UBS-Tradicionais e as UBS-Sentinelas, por meio do QGIS (versão 3.20.2, *Odense*), Sistema de Informação Geográfica livre e de código aberto.

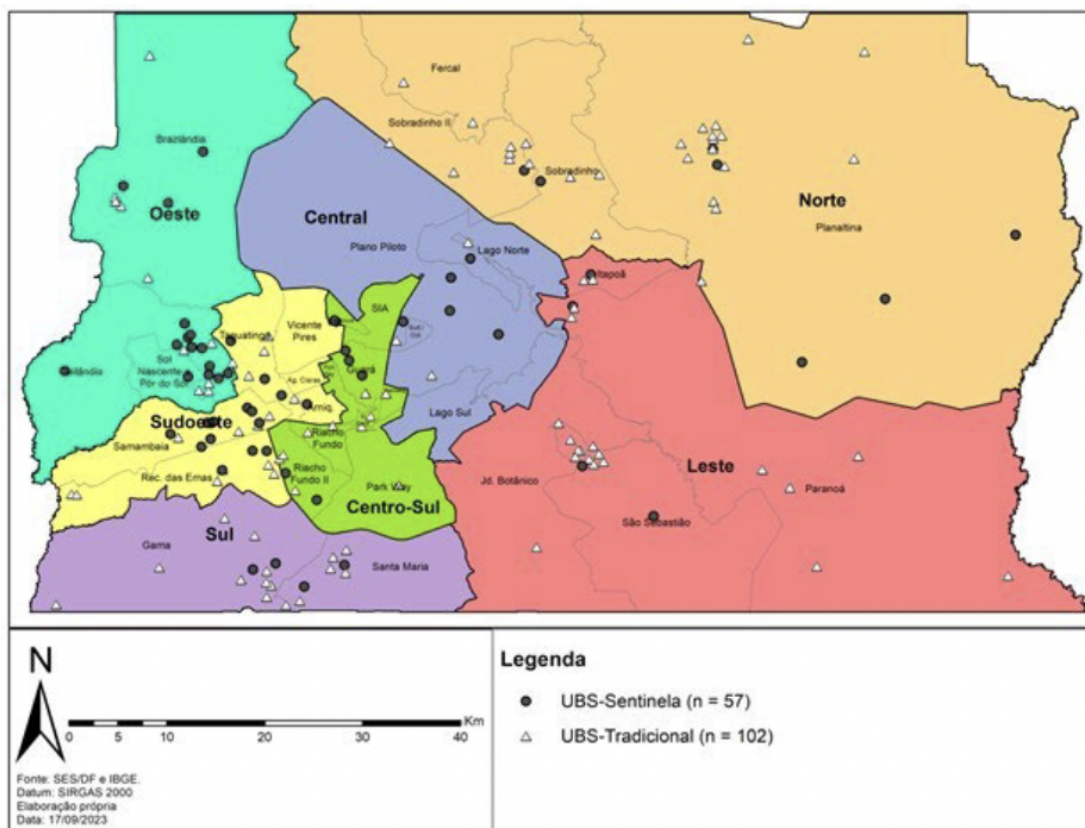
As análises estatísticas foram realizadas no *Software R* (versão 4.3.1) e incluíram frequência relativa, Qui-quadrado e Teste de Fisher. Todas as variáveis do estudo foram cruzadas com a variável UBS-Sentinela, para identificação das diferenças percentuais entre

estas e as UBS-Tradicionais, adotando-se o nível de significância de 5%. Dessa forma, para um p-valor inferior a 0,05 considerou-se a rejeição da hipótese nula de acordo com cada teste aplicado.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (CAAE n°. 29640120.6.0000.0030).

## Resultados

As 57 UBS-Sentinelas concentram-se em maior número nas regiões de saúde Sudoeste e Oeste ambas com 15. Nesse estudo, descreveu-se a qualificação para o diagnóstico da Covid-19 de 159 UBS que responderam o Instrumento para avaliação da estrutura. As UBS estão distribuídas nas sete regiões de saúde do DF, a saber: Central (n=9), Centro-Sul (n=18), Leste (n=24), Norte (n=35), Oeste (n=27), Sudoeste (n=28) e Sul (n=18). Destas, 35,8% (n=57) são UBS-Sentinelas e 64,2% (n=102) são UBS-Tradicionais (Figura 1).



**Figura 1.** Distribuição espacial das Unidades Básicas de Saúde, por regiões de saúde, com diferenciação entre Unidades Básicas de Saúde Sentinelas e Unidades Básicas de Saúde Tradicionais, Distrito Federal, 2020 e 2021.

Fonte: elaboração própria

No que diz respeito ao treinamento dos profissionais das UBS, a capacitação no teste rápido e/ou na coleta da amostra por SWAB entre enfermeiros foi quase que universal (99,7%) e entre técnicos de enfermagem foi alta (70,4%), não havendo associação significativa entre a proporção de profissionais capacitados e o tipo de UBS. Chama atenção a falta de capacitação de médicos para realização de ambos os testes, tanto nas UBS-Sentinelas quanto nas UBS-Tradicionais (91,2% e 90,2% sem nenhum treinamento, respectivamente) (Tabela 1). Notou-se que os Técnicos em Saúde Bucal possuíam capacitação para a realização dos testes rápidos (teste de anticorpo) para diagnóstico oportuno da Covid-19, sendo mais frequente na UBS-Sentinela (38,6%) que na UBS-Tradicional (26,5%) estatisticamente significativo ( $p < 0,016$ ).

**Tabela 1.** Capacitação dos profissionais das Unidades Básicas de Saúde do Distrito Federal para realização e coleta para os diferentes testes para covid-19, 2020-2021

Categoria Profissional	Tipo de teste	UBS-Tradicional		UBS-Sentinela		UBS Total		Associação entre tipo de UBS e variáveis do estudo
		n	%	n	%	n	%	Valor p
Enfermeiro	Nenhum teste	0	0	1	1,7	1	0,6	0,276
	Coleta swab e Teste rápido	94	92,2	52	91,2	146	91,8	
	Teste rápido	8	7,8	4	7,0	12	7,5	
Técnico de enfermagem	Nenhum teste	27	26,5	20	35,1	47	29,6	0,520
	Coleta swab e Teste rápido	12	11,8	6	10,5	18	11,3	
	Teste rápido	63	61,8	31	54,4	94	59,1	
Médico	Nenhum teste	92	90,2	52	91,2	144	90,6	1,000
	Coleta swab e Teste rápido	9	8,8	5	8,8	14	8,8	
	Teste rápido	1	1,0	0	0	1	0,6	
Cirurgião-dentista	Nenhum teste	67	65,7	34	59,6	101	63,5	0,501
	Coleta swab e Teste rápido	5	4,9	5	8,8	10	6,3	
	Teste rápido	30	29,4	18	31,6	48	30,2	
Técnico de saúde bucal	Nenhum teste	75	73,5	35	61,4	110	69,2	0,016
	Coleta swab e Teste rápido	1	1,0	6	10,5	7	4,4	
	Teste rápido	26	25,5	16	28,1	42	26,4	

Fonte: elaboração própria.

Sobre a forma como foi realizada a capacitação para realização dos testes para Covid-19 das categorias profissionais estudadas, 93,1% dos profissionais das UBS-Tradicionais comparado com 86% dos profissionais das UBS-Sentinelas, indicaram ter realizado essa capacitação por meio de leitura de notas técnicas, seguido pela análise de protocolos de manejo da Covid-19 (92,2% UBS-Tradicional e 80,7% UBS-Sentinela) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Modalidades de capacitação dos profissionais das Unidades Básicas de Saúde do Distrito Federal para realização dos diferentes testes para covid-19, 2020-2021

Modalidades de Capacitação <sup>a</sup>	Resposta	UBS-Tradicional		UBS- Sentinela		UBS Total	
		n	%	n	%	n	%
Realizou curso on-line	Sim	41	40,2	27	47,4	68	42,8
	Não	61	59,8	30	52,6	91	57,2
Participou de oficinas	Sim	19	18,6	9	15,8	28	17,6
	Não	83	81,4	48	84,2	131	82,4
Realizou curso presencial	Sim	13	12,7	9	15,8	22	13,8
	Não	89	87,3	48	84,2	137	86,2
Realizou treinamento em testes para covid-19	Sim	51	50,0	21	36,8	72	45,3
	Não	51	50,0	36	63,2	87	54,7
Leitura de notas técnicas sobre testes para covid-19	Sim	95	93,1	49	86,0	144	90,6
	Não	7	6,9	8	14,0	15	9,4
Análise de protocolos de manejo da covid-19	Sim	94	92,2	46	80,7	140	88,1
	Não	8	7,8	11	19,3	19	11,9
Análise de diretrizes de sociedades científicas	Sim	34	33,3	15	26,3	49	30,8
	Não	68	66,6	42	73,7	110	69,2

Fonte: elaboração própria.

<sup>a</sup> Mais de uma opção de resposta permitida.

Quando verificada a disponibilidade de materiais e insumos para processamento e/ou envio dos testes para diagnóstico de Covid-19, observou-se não haver diferença significativa entre as UBS-Sentinela e as UBS-tradicionais para a maioria dos itens pesquisados (exceto etiquetas). Já no caso da presença de geladeira 80,7% das UBS-Sentinela afirmaram ter esse equipamento para o armazenamento das amostras para Covid-19 contra 60,8% das UBS-Tradicionais 60,8%. Isso evidencia uma associação entre possuir etiqueta e geladeira ( $p < 0,019$  e  $p < 0,009$ , respectivamente) e ser uma UBS-Sentinela.

Mais de 50% das UBS, independentemente de serem Sentinela ou Tradicional, possuíam termômetro, caixa isotérmica e gelo artificial reutilizável rígido para conservação das amostras para Covid-19 em temperatura ideal (Tabela 3).

**Tabela 3.** Disponibilidade de materiais e insumos diagnósticos para processamento das amostras dos testes para covid-19 da Atenção Primária à Saúde, Distrito Federal, 2020-2021

Variável	Resposta	Associação entre tipo de UBS e variáveis do estudo						Valor p
		UBS-Tradicional		UBS-Sentinela		UBS Total		
		n	%	n	%	n	%	
<b>UBS possui os materiais abaixo para identificar e armazenar as amostras</b>								
Caneta permanente	Sim	15	14,7	13	22,8	28	17,6	0,198
	Não	87	85,3	44	77,2	131	82,4	
Etiqueta	Sim	43	42,2	35	61,4	78	49,1	0,019
	Não	59	57,8	22	38,6	81	50,9	
Caixa isotérmica	Sim	83	81,4	51	89,5	134	84,3	0,178
	Não	19	18,6	6	10,5	25	15,7	
Gelo artificial reciclado rígido	Sim	82	80,4	51	89,5	133	83,6	0,137
	Não	20	19,6	6	10,5	26	16,4	
Termômetro	Sim	70	68,6	43	75,4	113	71,1	0,363
	Não	32	31,4	14	24,6	46	28,9	
Geladeira	Sim	62	60,8	46	80,7	108	67,9	0,009
	Não	40	39,2	11	19,3	51	32,0	
Nenhum	Sim	12	11,8	4	7,0	16	10,1	0,340
	Não	90	88,2	53	93	143	89,9	
<b>Disponibilidade de material de coleta e de testes diagnósticos para covid-19</b>								
Kit Swab: coleta de amostra para RT-PCR	Insuficiente	24	25,5	15	26,3	39	24,5	0,695
	Suficiente	78	76,5	42	73,7	120	75,5	
Teste Rápido	Insuficiente	34	33,3	22	38,6	56	35,2	0,505
	Suficiente	68	66,7	35	61,4	103	64,8	

Fonte: elaboração própria.

Quando questionado aos gestores sobre a disponibilidade dos testes diagnósticos para Covid-19 em suas UBS no momento da pesquisa, verificou-se que mais da metade das UBS (Sentinelas ou Tradicionais) possuíam quantidade suficiente tanto do kit para Teste Swab quanto do Teste Rápido (Tabela 3).

Para o manejo das amostras dos testes, ou seja, ao fluxo entre a APS e o Laboratório Central de Saúde Pública do Distrito Federal (LACEN-DF), os resultados evidenciaram associação entre ser UBS-Sentinela e a equipe conhecer o manual de coleta MA-LACEN-0007, com destaque para mais da metade das UBS-Sentinela (63,2%) cujas equipes referiram conhecê-lo, quando comparado com as UBS-Tradicionais (35,3%) ( $p < 0,000$ ).

Os materiais coletados nas UBS foram, em sua maioria, enviados ao LACEN-DF, tanto nas UBS-Sentinela quanto nas UBS-Tradicionais (92,9% e 85,3%, respectivamente). A expressiva maioria das UBS-Sentinela (94,7%) e das UBS-Tradicionais (85,3%) afirmaram possuir fluxo laboratorial definido para o encaminhamento das amostras, assim como disponibilidade de veículo para transporte de amostras com rota definida (em torno de 80 a

90%). As proporções eram maiores nas UBS-Sentinela, embora as diferenças não tenham sido significativas (Tabela 4).

Tabela 4. Coleta e manejo das amostras dos testes para covid-19 das Unidades Básicas de Saúde, Distrito Federal, 2020-2021

Manejo das Amostras <sup>a</sup>	Resposta	UBS-Tradicional		UBS- Sentinela		UBS Total		Associação entre tipo de UBS e variáveis do estudo
		n	%	n	%	n	%	Valor p
A equipe conhece o manual de coleta MA-LACEN-0007?	Sim	36	35,3	36	63,2	72	45,3	0,000
	Não	66	64,7	21	36,8	87	54,7	
Há coleta de material para teste de covid-19 enviada ao Lacen?	Sim	87	85,3	53	92,9	140	88,1	0,151
	Não	15	14,7	4	7,0	19	11,9	
Existe um fluxo definido para encaminhar as amostras ao Lacen-DF?	Sim	87	85,3	54	94,7	141	88,7	0,166
	Não	15	14,7	3	5,3	18	11,3	
Há veículo disponível em até 48h da coleta?	Sim	86	84,3	54	94,7	140	88,0	0,089
	Não	16	15,7	4	5,3	19	11,9	
O veículo segue uma rota preestabelecida entre as UBS da Região de Saúde?	Sim	82	80,4	53	92,9	135	84,9	0,097
	Não	20	19,6	4	7,0	24	15,1	
Os prazos de retorno dos resultados laboratoriais para covid-19 são cumpridos?	Sim	69	67,6	42	73,7	111	69,8	0,426
	Não	33	32,3	15	26,3	48	30,2	
Os profissionais de saúde têm tido acesso, em tempo oportuno (sempre que necessário), aos protocolos e normativas técnicas construídos para mitigar a covid-19?	Sim	99	97,1	55	96,5	154	96,8	1,000
	Não	3	2,9	2	3,5	5	3,2	

Fonte: elaboração própria.

<sup>a</sup> Mais de uma opção de resposta permitida.

Apesar de não ter sido evidenciada associação entre as UBS-Sentinela ou Tradicional para o cumprimento dos prazos de retorno laboratorial, mais da metade de ambas as UBS (73,7% e 67,6%, respectivamente) relataram que recebiam os resultados dos exames laboratoriais para Covid-19 dentro dos prazos.

## Discussão

Em 2020, devido à pandemia, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não realizou o censo, mas estimativas populacionais para o DF neste ano, apontaram 3.052.546 habitantes <sup>29</sup>. Os resultados indicaram que a distribuição de UBS-Sentinela nas Regiões de Saúde foi proporcional ao número de habitantes, observando-se maior número de UBS-Sentinela concentrado nas duas Regiões de Saúde mais populosas: Sudoeste, com 829.672 habitantes; e Oeste, com 507.851 habitantes. Além disso, essas foram as regiões com maiores números de casos e óbitos <sup>30</sup>. De modo inverso, a Região de Saúde Sul, que possui 272.959 habitantes, surgiu com o menor número de UBS-Sentinela.

A adesão à Rede Sentinela, estratégia que se destina a ser observatório ativo da qualidade e da segurança de produtos e serviços, é ato voluntário das UBS. Dentre seus objetivos, podem-se citar o auxílio à melhoria contínua do gerenciamento de risco nos serviços de saúde e a contribuição com as atividades formativas de profissionais de saúde, tais como, educação continuada e produção de conhecimento em seu escopo de ação <sup>31</sup>.

Quando da pandemia da Covid-19, ao registrar casos e monitorá-los, as UBS-Sentinelas subsidiaram a análise de tendência e o gerenciamento do risco de transmissão da doença. A OMS proveu os estados-membros, incluindo o Brasil, de orientações sobre preparação, prontidão e resposta, destacando a relevância de reforço aos sistemas nacionais existentes com vistas ao aumento da capacidade de vigilância <sup>32</sup>.

No ano de 2020, o Governo do DF emitiu a Nota Técnica nº. 5 definindo os níveis de resposta do serviço da APS para enfrentamento à Covid-19, como o monitoramento dos atendimentos por Regiões de Saúde com objetivo de oportunizar resolução do caso e mitigar a doença, aumentar a capacidade de resposta garantindo o acesso, o diagnóstico, o tratamento adequado e encaminhamento de casos complexos para os outros níveis de assistência, além, do telemonitoramento dos casos confirmados ou suspeitos. A capacidade diagnóstica se refere a resposta do sistema de saúde em se mobilizar de forma rápida, diante de uma demanda aumentada advinda de necessidades em larga escala ou de emergência de saúde pública<sup>33</sup>.

A implementação de reorganização do trabalho e aplicação dos testes diagnósticos, exigiu capacitação dos profissionais de saúde da linha da frente em tempo hábil para minimizar os riscos a si mesmos e aos usuários <sup>18-19</sup>. Os profissionais da saúde da APS se capacitaram em estratégias para conhecimento da síndrome gripal, medidas de controle de riscos de infecção, aperfeiçoamento sobre biossegurança, para investigação de casos suspeitos de infecção pelo SARS-CoV-2, educação em saúde junto à comunidade sobre medidas de proteção contra o vírus e procedimentos para assegurar a sua saúde durante a coleta e manuseio das amostras causadoras de agravos à saúde <sup>34</sup>.

O treinamento em serviço por meio da reprodução de situações do ambiente real em um ambiente seguro é uma metodologia adequada para o preparo de profissionais no enfrentamento de doenças <sup>35</sup>. No entanto, considerando o contexto da pandemia de Covid-19, que se apresentou com disseminação acelerada de casos e óbitos e com escassez de insumos e materiais, houve exigência de rápida adequação dos serviços de saúde. Isso fez com que a maioria das capacitações tenha ocorrido da forma *online* e autoinstrucional com a divulgação de notas técnicas e protocolos elaborados pela OMS e pela Secretaria de Saúde do DF. Esse

desenvolvimento de normas, rotinas, protocolos e fluxos de atendimento dos serviços nortearam a reorganização da oferta de cuidados nesse cenário <sup>36</sup>.

Outro ponto importante é que quase a totalidade dos enfermeiros afirmaram estar capacitados para a realização dos testes rápidos (e de coleta com Swab), contribuindo no diagnóstico precoce de casos suspeitos de Covid-19, no rastreamento de contatos, além da realização de ações educativas. Nesse contexto, a enfermagem foi protagonista na organização dos serviços, na busca por provimento de insumos e materiais necessários, e na realização de capacitações com os demais profissionais da equipe para a realização de testes, manejo de insumos e amostras e atualização sobre vacinas <sup>36</sup>.

O enfrentamento da Covid-19 necessitou de insumos, de desenvolvimento de testes diagnósticos para detecção do SARS-CoV-2 por indústrias <sup>37</sup>, da contribuição de instituições de ensino e pesquisa <sup>38</sup>, além, da operacionalização laboratorial <sup>39</sup>. Os achados desse estudo, evidenciam a importância dos insumos, do manejo e da definição dos fluxos das amostras para os laboratórios por parte da APS do DF, que vai ao encontro do relatado por Magno *et al.* <sup>40</sup>, que reportaram o papel essencial da APS por sua capilarização no território brasileiro e pela sua capacidade de reorganização frente à crise sanitária, incrementando as ações de vigilância epidemiológica, com adequados acolhimento, rastreamento, diagnóstico e notificação dos casos de Covid-19.

Constatou-se, nesse estudo, a existência de Testes rápidos e Teste Swab em quantidades suficientes em mais de 60% das UBS do DF, corroborando com as recomendações do Guia sobre Vigilância Integrada de Síndromes Respiratórias Agudas Doença pelo Coronavírus 2019, Influenza e outros vírus respiratórios <sup>41</sup> e da Nota Técnica nº. 30 <sup>42</sup>, em que se descrevem as ações da APS como ponto de partida para investigação dos casos de Covid-19, diagnóstico por meio dos testes mencionados e acompanhamento dos usuários do serviço testados com resultado positivo para o SARS-CoV-2.

Os métodos diagnósticos utilizados para detecção da Covid-19 na APS foram os Testes rápidos presentes em dois tipos no mercado, (I) que identificam proteínas na fase ativa da infecção, conhecidos como teste de antígeno e (II) os que detectam anticorpos como resposta imunológica do organismo quando exposto ao vírus, ambos denominados de métodos sorológicos. Tem-se, também, os métodos moleculares com a técnica de Transcriptase Reversa da Reação em Cadeia da Polimerase (RT-PCR), considerada padrão-ouro pela OMS <sup>32</sup> devido às altas sensibilidade e especificidade e por possibilitar a identificação do RNA do vírus por meio da amplificação do ácido nucleico pela reação em cadeia da polimerase na amostra coletada pelo Teste de Swab oral/nasal <sup>43</sup>.

Somando-se a disponibilidade dos testes, destaca-se a relevância da existência de materiais e insumos como geladeira, caixa isotérmica e gelo artificial reciclado rígido para manejo das amostras na APS, que vão ao encontro do preconizado pela OMS <sup>22</sup> para o armazenamento das amostras coletadas pelo Teste Swab Orofaringeo e Nasofaringeo em temperatura em torno de 2-8°C. Foi constatado ainda na revisão de literatura de Loeffelholz *et al.* <sup>37</sup>, que relataram a importância do manuseio da amostra para aumentar a chance de diagnóstico do marcador biológico analisado.

Esse estudo apresenta limitações inerentes aos estudos transversais quanto à temporalidade da observação e quanto à modalidade de coleta dos dados, que foi telefônica e por questionário de autopreenchimento, tendo-se obtidos dados referidos, haja vista a impossibilidade de fazê-la presencialmente devido ao cenário pandêmico.

## **Conclusões**

Percebeu-se que a capacidade diagnóstica à Covid-19 das UBS esteve atrelada a desafios relacionados à testagem e ao diagnóstico. Médicos foram os profissionais das UBS-Sentinelas que referiram menor capacitação para realização dos testes, quando comparados a enfermeiros e a TSB. Esta capacitação, para todos os profissionais estudados, foi majormente de forma autoinstrucional, com realização de cursos *online* e sob a forma de leitura de protocolos. Havia protocolos para manejo das amostras e fluxos para seu processamento e, além disso, a comunicação com o LACEN-DF mostrou-se satisfatória uma vez que a maioria das amostras foram enviadas oportunamente.

Os materiais e insumos para coleta, armazenamento e processamento das amostras estavam disponíveis em quantidade suficiente, na maioria das vezes, nas UBS-Sentinelas, a exemplo de etiquetas adesivas para identificação das amostras e geladeira.

Considerando que a APS é a ordenadora do cuidado nas Redes de Atenção à Saúde, contar com profissionais capacitados para a realização dos testes, para o manejo das amostras, e para a articulação laboratorial; bem como ter insumos, materiais e equipamento disponíveis, fez com que o DF apresentasse capacidade adequada de diagnóstico para a Covid-19.

Apesar desse estudo evidenciar resposta satisfatória no enfrentamento desta crise sanitária, faz-se necessário analisar as potencialidades e os desafios enfrentados pela APS do DF para que novas estratégias e intervenções sejam implementadas em contexto de planejamento estratégico nos diferentes níveis de gestão local, com vistas ao preparo prévio a outras crises sanitárias que poderão surgir.

## Referências

1. World Health Organization. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard [Internet]. 2020. [acesso em 2023 jul 13]. Disponível em: <https://covid19.who.int/>.
2. World Health Organization. Pneumonia of unknown cause—China [Internet]. 2020. [Acesso em 2023 jul 13]. Disponível em: <https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unkown-cause-china/en/>.
3. Brasil. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA). SRAG 2020 - Banco de Dados de Síndrome Respiratória Aguda Grave - incluindo dados da COVID-19. [Internet] Brasília: Ministério da Saúde, 2022. [Acesso em 2023 jul 13]. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/srag-2020>.
4. Rader B, Scarpino SV, Nande A, Hill AL, Adlam B, Reiner RC, Pigott DM, Gutierrez B, Zarebski AE, Shrestha M, Brownstein JS. Crowding and the shape of COVID-19 epidemics. *Nature medicine*. 2020 Dec;26(12):1829-34.
5. Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, Barnaby DP, Becker LB, Chelico JD, Cohen SL, Cookingham J. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. *Jama*. 2020 May 26;323(20):2052-9.
6. Zhang H, Liao YS, Gong J, Liu J, Xia X, Zhang H. Clinical characteristics of coronavirus disease (COVID-19) patients with gastrointestinal symptoms: A report of 164 cases. *Digestive and Liver Disease*. 2020 Oct 1;52(10):1076-9.
7. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Portaria nº 2.436, de 21 de setembro de 2017. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes para a organização da Atenção Básica, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). *Diário Oficial da União*; 2017.
8. Bahia. Secretaria da Saúde do Estado da Bahia. *Organização da APS pelo mundo durante a pandemia da COVID-19*. Bahia: Secretaria da Saúde do Estado da Bahia, 2020. Disponível em: <http://telessaude.saude.ba.gov.br/organizacao-da-aps-pelo-mundo-durante-a-pandemia-da-covid-19/>
9. Brasil. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Secretarias Municipais de Saúde. *Guia Orientador Para o Enfrentamento Da Pandemia Covid-19 Na Rede de Atenção à Saúde*. [Internet] Brasília: CONASEMS, 2020. [Acesso em 2023 jul 13]. Disponível em: <https://www.conasems.org.br/guia-orienta-estados-e-municipios-para-o-enfrentamento-da-pandemia-de-covid-19-na-rede-de-atencao-a-saude/>.
10. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. *Protocolo de manejo clínico do Coronavírus (COVID-19) na Atenção Primária a Saúde*. [Internet]. Versão 9, 2020. [Acesso em 2023 jul 13]. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1095920/20200504-protocolomanejo-ver09.pdf>.
11. Kierkegaard P, McLister A, Buckle P. Rapid point-of-care testing for COVID-19: quality of supportive information for lateral flow serology assays. *BMJ open*. 2021 Mar 1;11(3):e047163.
12. Haldane V, Morgan GT. From resilient to transilient health systems: the deep transformation of health systems in response to the COVID-19 pandemic. *Health Policy Plan*. 2021;36(1):134–5.

13. Haldane V, Zhang Z, Abbas RF, et al. National primary care responses to COVID-19: a rapid review of the literature. *BMJ Open* 2020;10:e041622. doi: 10.1136/bmjopen-2020-041622
14. Wanat M, Hoste M, Gobat N, et al. Transformation of primary care during the COVID-19 pandemic: experiences of healthcare professionals in eight European countries. *Br J Gen Pract*. 2021;71(709):e634–42.
15. Aslanyan L, Arakelyan Z, Atanyan A, Abrahamyan A, Karapetyan M, Sahakyan S. Primary healthcare providers challenged during the COVID-19 pandemic: a qualitative study. *BMC Primary Care*. 2022 Dec;23(1):1-0.
16. Harzheim E, Martins C, Wollmann L, Pedebos LA, Faller LD, Marques MD, Minei TS, Cunha CR, Telles LF, Moura LJ, Leal MH. Ações federais para apoio e fortalecimento local no combate ao COVID-19: a Atenção Primária à Saúde (APS) no assento do condutor. *Ciência & saúde coletiva*. 2020 Jun 5;25:2493-7.
17. Xu Z, Ye Y, Wang Y, Qian Y, Pan J, Lu Y, Fang L. Primary care practitioners' barriers to and experience of COVID-19 epidemic control in China: a qualitative study. *Journal of General Internal Medicine*. 2020 Nov;35:3278-84.
18. Oseni TIA, Agbede RO, Fatusin BB, Odewale MA. The role of the family physician in the fight against Coronavirus disease 2019 in Nigeria. *Afr J Prim Health Care Fam Med*. 2020;12(1):1–3. <https://doi.org/10.4102/PHCFM.V12I1.2492>.
19. Huston P, Campbell J, Russell G, et al. COVID-19 and primary care in six countries. *BJGP Open*. 2020;4(4):bjgpopen20X101128.
20. Mughal F, Khunti K, Mallen CD. The impact of COVID-19 on primary care: Insights from the National Health Service (NHS) and future recommendations. *Journal of family medicine and primary care*. 2021 Dec;10(12):4345.
21. Ismail M, Joudeh A, Neshnash M, et al. Original research: primary health care physicians' perspective on COVID-19 pandemic management in Qatar: a web-based survey. *BMJ Open*. 2021;11(9):49456. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2021-049456>.
22. World Health Organization. GISRS sentinel surveillance for COVID-19: frequently asked questions (FAQ), 10 March 2022. World Health Organization; 2022.
23. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria no. 205, de 17 de fevereiro de 2016. Define a lista nacional de doenças e agravos, na forma do anexo, a serem monitorados por meio da estratégia de vigilância em unidades sentinelas e suas diretrizes. [Acesso em 2023 ago 28]. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2016/prt0205\\_17\\_02\\_2016.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2016/prt0205_17_02_2016.html)
24. Distrito Federal. Secretaria de Estado da Saúde. Portaria 39 de 23/01/2019. Institui, no âmbito do Sistema Único de Saúde do Distrito Federal, o Programa de Qualificação da Atenção Primária à Saúde. [Internet]. 2019. [Acesso em 2023 ago 10]. Disponível em: [https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/0bb8bd0f26ba4396a23602f2b993e613/Portaria\\_39\\_23\\_01\\_2019.html](https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/0bb8bd0f26ba4396a23602f2b993e613/Portaria_39_23_01_2019.html)
25. Furlanetto, D. D. L. C., Santos, W. D., Scherer, M. D. D. A., Cavalcante, F. V., Oliveira, A., Oliveira, K. H. D. D., ... & Santos, L. M. P. (2022). Estrutura e responsividade: a Atenção Primária à Saúde está preparada para o enfrentamento da Covid-19?. *Saúde em Debate*, 46, 630-647.
26. Conselho Regional de Odontologia do Distrito Federal. Decisão CRO-DF nº 20, de 26 de março de 2021. [Internet]. Distrito Federal: CRO. 2021. [Acesso em 2023 set 24]. Disponível em: <https://www.cro-df.org.br/>
27. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Atendimento Odontológico no SUS. [Internet] 2020. [Acesso em 2023 set 27]. Disponível em:

[https://website.cfo.org.br/wp-content/uploads/2020/03/COVID-19\\_ATENDIMENTO-ODONTOLOGICO-NO-SUS.pdf](https://website.cfo.org.br/wp-content/uploads/2020/03/COVID-19_ATENDIMENTO-ODONTOLOGICO-NO-SUS.pdf).

28. Harris PA, Taylor R, Minor BL, Elliott V, Fernandez M, O'Neal L, McLeod L, Delacqua G, Delacqua F, Kirby J, Duda SN ... & REDCap Consortium. The REDCap consortium: building an international community of software platform partners. *Journal of biomedical informatics*. 2019 Jul 1;95:103208.
29. Distrito Federal. Secretaria de Estado de Saúde. Relatório Anual de Gestão 2020 / Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. [Internet]. Brasília: Secretaria de Estado de Saúde, 2021. 214 p. il. [Acesso em: 2023 set 14]. Disponível em: [https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/1112609/RAG2020\\_Oficial.pdf/](https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/1112609/RAG2020_Oficial.pdf/), acessado em 26/09/2023.
30. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. COVID-19 Painel Coronavírus. Brasília: Ministério da Saúde; 2020. [Acesso em 2023 set 19]. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>.
31. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° 51, de 29 de setembro de 2014. Dispõe sobre a Rede Sentinela para o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. [Internet] MS: ANVISA. 2014. [Acesso em 2023 set 19]. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0051\\_29\\_09\\_2014.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0051_29_09_2014.html)
32. World Health Organization. Laboratory testing of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in suspected human cases: interim guidance, 17 January 2020. [Internet] Genebra:WHO. 2020. [Acesso em: 2023 set 02]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/10665-331501>
33. Distrito Federal. Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. Nota Técnica nº 5 de 02 de setembro de 2020. SES-DF, 2020. [Acesso em 2023 set 19]. Disponível em: <https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/1264413/Nota-Te%CC%81cnica-NIVEIS-DE-RESPOSTA-APS.pdf>
34. Vieira SL, Souza SG, Figueiredo CF, Santos VV, Santos TB, Duarte JA, Pinto IC. Ações de educação permanente em saúde em tempos de pandemia: prioridades nos planos estaduais e nacional de contingência. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2023 May 12;28:1377-86.
35. Santos TM, Pedrosa RB, Carvalho DR, Franco MH, Silva JL, Franci D, de Jorge B, Munhoz D, Calderan T, Grangeia TD, Cecilio-Fernandes D. Implementing healthcare professionals' training during COVID-19: a pre and post-test design for simulation training. *Sao Paulo Medical Journal*. 2021 Aug 9;139:514-9.
36. Silva VG, Silva BN, Pinto ÉS, Menezes RM. Trabalho do enfermeiro no contexto da pandemia de COVID-19. *Revista Brasileira de Enfermagem*. 2021 Mar 5;74.
37. Loeffelholz MJ, Tang YW. Laboratory diagnosis of emerging human coronavirus infections—the state of the art. *Emerging microbes & infections*. 2020 Jan 1;9(1):747-56.
38. Cavalcante FV, Oliveira A, Araujo SQ, Pacheco C, Sacco RD. Testes diagnósticos nacionais: insumos essenciais para a vigilância sindrômica da Covid-19. *Saúde em Debate*. 2022 Sep 12;46:665-81.
39. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional pela Doença pelo Coronavírus 2019. Vigilância Integrada de Síndromes Respiratórias Agudas Doença pelo Coronavírus 2019, Influenza e outros vírus respiratórios. [Internet] Brasília: MS, 2020. [Acesso em 2023 set 21]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/guia-de-vigilancia-epidemiologica-covid-19/>

40. Magno L, Rossi TA, Mendonça-Lima FW, Santos CC, Campos GB, Marques LM, Pereira M, Prado NM, Dourado I. Desafios e propostas para ampliação da testagem e diagnóstico para COVID-19 no Brasil. *Ciencia & saude coletiva*. 2020 Aug 28;25:3355-64.
41. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em saúde. Doença pelo coronavírus Covid-19. Nº 59. Semana Epidemiológica 8 (21 a 27/2/2021). Boletim Epidemiológico Especial [Internet]. 2021. [Acesso em 2023 set 23]. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/covid-19/2021/boletim\\_epidemiologico\\_covid\\_52\\_final2.pdf](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/covid-19/2021/boletim_epidemiologico_covid_52_final2.pdf)
42. Brasil. Ministério da Saúde. Nota Técnica Nº 30/2020 – DESF/SAPS/MS, 2020. [Acesso em 2023 set 22]. Disponível em: [https://egestorab.saude.gov.br/image/?file=20200918\\_N\\_SEIMS-0016770158-NotaTecnica-rastreamento\\_5285531546089102408.pdf](https://egestorab.saude.gov.br/image/?file=20200918_N_SEIMS-0016770158-NotaTecnica-rastreamento_5285531546089102408.pdf)
43. de Oliveira MA, Watanabe AS, Cesar DE, Candido JM, Lima NM, Moreira OB, Chellini PR. Testes diagnósticos para o SARS-COV-2: Uma reflexão crítica. *Química Nova*. 2022 Aug 29;45:760-6.

### 5.3 ARTIGO 3

(Publicado em janeiro de 2025, no periódico “Plos One – Global Public Health”, conforme Apêndice C).

---

#### ***Laboratory readiness and genomic surveillance of Covid-19 in the capital of Brazil***

Prontidão laboratorial e vigilância genômica da Covid-19 na Capital do Brasil

Autores: Fabrício Vieira Cavalcante; Christina Pacheco Santos Martin; Gustavo Saraiva Frio; Rodrigo Guerino Stabeli; Leonor Maria Pacheco Santos.

#### **Abstract**

This study aims to analyze the diagnostic readiness to Covid-19 and the genomic surveillance of SARS-CoV-2 in Brasília, the capital of Brazil. This is a retrospective, cross-sectional study, with data from: cases/deaths—Ministry of Health; RT-PCR analyses Brasília Central Public Health Laboratory (LACEN); genomics—Global Initiative on Sharing All Influenza Data (GISAID). It was found that in March 2021, with the Gamma variant was predominant, RT-PCR diagnostic tests administered by LACEN reached their peak, followed by a reduction, possibly due to the start of vaccination. New peaks were observed in September 2021 and January 2022. The average time for releasing RT-PCR results was reduced from eight days (July 2020), to around eight hours in 2023. The participation of private laboratories was evident in sequencing the SARS-CoV-2 variants of concern in Brasília (n = 1,897). LACEN sequenced 50% of the samples received (571). A decrease in the incidence of cases and deaths due to Covid-19 was noted in the years 2022 to 2023, following the national trend. LACEN maintained RT-PCR diagnostic tests administered satisfactorily throughout the period. Regarding the genomic surveillance of SARS-CoV-2, the vast majority of samples were sequenced by private laboratories when compared to the public laboratory.

**Key-words:** Covid-19. Public Health Laboratory Services. Epidemiological Surveillance Services. Genomic Surveillance. Brasília. Brazil.

#### **Introduction**

Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) emerged in China at the end of 2019 and spread quickly to several countries such as the United States of America and countries in South America [1, 2], infecting thousands of people around the world. The World Health Organization (WHO) decided to declare a Public Health Emergency of International Concern (PHEIC) on March 11, 2020, due to the high rate of contagion of SARS-CoV-2 [3]. Currently, Covid-19 is better controlled and the WHO decreed on May 5, 2023 the end of PHEIC regarding SARS-CoV-2 [4].

To achieve control and mitigation of Covid-19, several strategies were necessary, such as the use of a mask, social distancing [5], management of health inputs and financial resources,

investment in scientific research [6], treatments, vaccine development [7] and timely diagnosis [8].

Among the measures used to mitigate the disease, is population testing, aiming for early diagnosis and enabling syndromic surveillance, providing support for planning quarantine and other interventions appropriately [9]. The Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) method is a gold standard test for diagnostic confirmation and for use in public health laboratories [10], being disseminated in several countries as a successful strategy for mitigating Covid-19 [11]. In Brazil, the first reports of laboratory diagnosis for SARS-CoV-2 occurred in February 2020, restricted to the National Influenza Center (NIC). The expansion of RT-PCR tests occurred in March 2020, when the NIC trained the all the 27 state Central Health and they began to receive the necessary inputs to carry out the diagnostic method [12].

In view of this context and in line with the principles of the Unified Health System (SUS), the Health Care Network (RAS), has the responsibility of the integrality of health actions and services. The LACEN Laboratories assumes its leading role in this epidemiological scenario, since the organizational and operational structure of the RAS is made up of support systems, including diagnostic and therapeutic support [13]. As a result, there was a need for cooperation between teaching and research institutions<sup>6</sup> as well as private laboratories. However, even with the help of intra- and intersectoral networks, Brazil sequenced fewer samples than expected due to the increase in viral mutations [14]. In the meantime, it is understood that diagnostic support permeates all levels of health care and is of important relevance for strengthening the RAS, in order to support the planning of interventions. Given this, the study aims to analyze the diagnostic response capacity to Covid19 and the genomic surveillance of SARS-CoV-2 in a timely manner, during the PHEIC period in Brasília, capital city of Brazil.

## **Method**

This is a retrospective, cross-sectional, exploratory study, based on secondary data in the public domain. It covered the pandemic period, that is, the duration of the Public Health Emergency of International Concern: March 2020 to May 2023.

Public, official data on Covid-19 cases and deaths available on the Ministry of Health portal were considered for the study [15]. Data on vaccination coverage in Brasília were obtained from the Covid-19 Vacinometer portal of the Ministry of Health [16], considering vaccination since the month of January 2021 with a vaccination schedule of second dose or single dose,

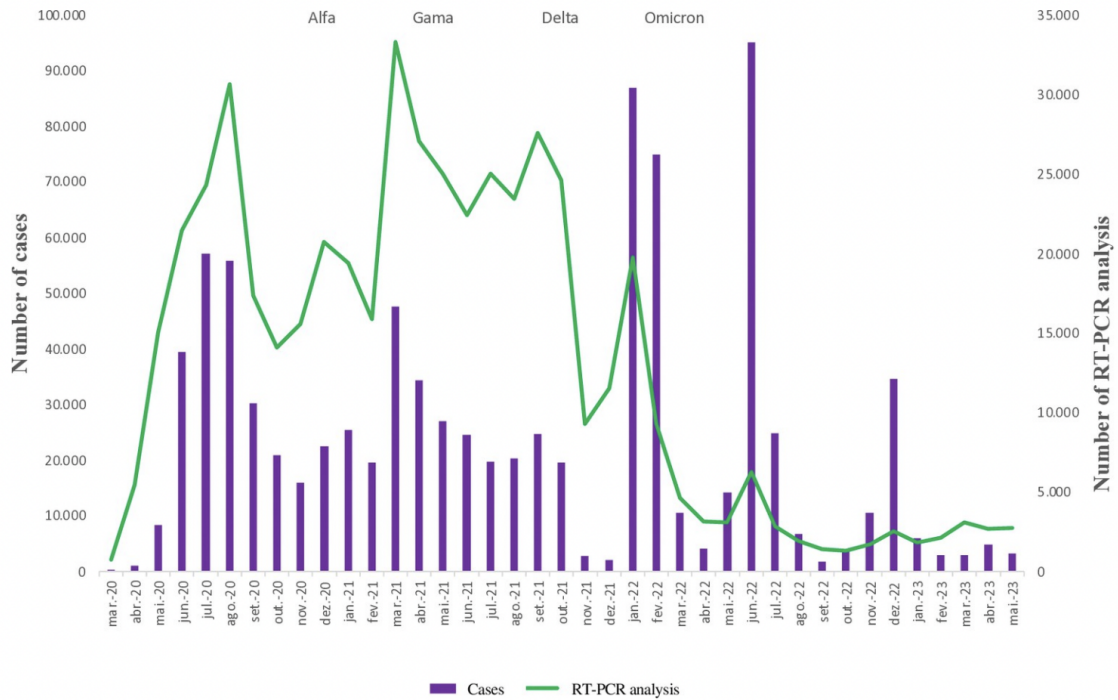
third dose, booster and additional doses until May 2023. Data from the bivalent vaccine were not included, as there was no specification of which dose was being applied. Data on diagnostic analyses were extracted from the InfoSaude-DF portal of the city of Brasília Health Department [17], including all samples received and analyzed for Covid-19 detection by the RT-PCR method at the Brasília LACEN. The average time for releasing the lab results, in days, was also analyzed.

To identify the dominant variants, throughout the pandemic period, the results of the sequenced genomes of Brasília patients were extracted from the Global Initiative on Sharing All Influenza Data (GISAID) database [18]. The originating laboratories (which provided the samples) and the sending laboratories (which sequenced the genetic material) [19] were also identified. The total number of genomes sequenced was analyzed by originating and sending laboratory, by type of variant and number of cases for Covid-19 for the period from March 2020 to May 2023. Data consolidation was done in the Excel program (Microsoft Office, 2016). The correlation of the variable ‘time for release of sample results in days’ and the number of samples per month/year, vaccination schedule (primary and first booster) and deaths for the years 2020 to 2023 was analyzed, using the Pearson Correlation Coefficient, in Stata (version 18). Data relating to the SARS-CoV-2 variants of concern (VOC) established by the WHO [20] per sampling period in Brasília were analyzed according to the month of sample collection and their classification: Alpha, Gamma, Delta and Omicron. As it is secondary data in the public domain, this study does not require approval by the Ethics Committee for research with human beings [21].

## **Results**

The city of Brasília LACEN Laboratory analyzed a total of 500,789 samples using the RT-PCR method, with 2021 being the year with the highest number of analyses ( $n = 264,738$ ), followed by 2020 ( $n = 165,500$ ), 2022 ( $n = 58,050$ ) and 2023 ( $n = 12,501$ ). Comparing the number of analyses using the RT-PCR method with the number of Covid-19 cases in Brasília (Fig 1), in 2020 the number of analyses for diagnosing Covid-19 increased until July/August and then reduced, returning only when the Alpha variant becomes predominant in Brasília, in December 2020. From January 2021, when the Gamma variant becomes predominant, an oscillation in morbidity due to Covid-19 in Brasília is noted, which is accompanied by a similar oscillation in the number of RT-PCR analyses in the period. In September 2021, the predominance of the Delta variant was evident, accompanied by an increase in laboratory analyses and cases for Covid-19, when compared to the previous month (Fig 1).

It is noteworthy that with the predominance of the Omicron variant, the number of cases breaks records in January 2022 (86 thousand cases) and, again, in June of the same year (95 thousand cases) causing a “blackout” in laboratory response capacity in Brasília. This is because the increase in RT-PCR analysis carried out for Covid-19 in these months fell far short of the demand for registered cases, especially in June 2022 (95 thousand cases versus 6 thousand analyses carried out). Throughout 2023, there was a decrease in analyses and the number of cases in Brasília (Fig 1), following the national trend.

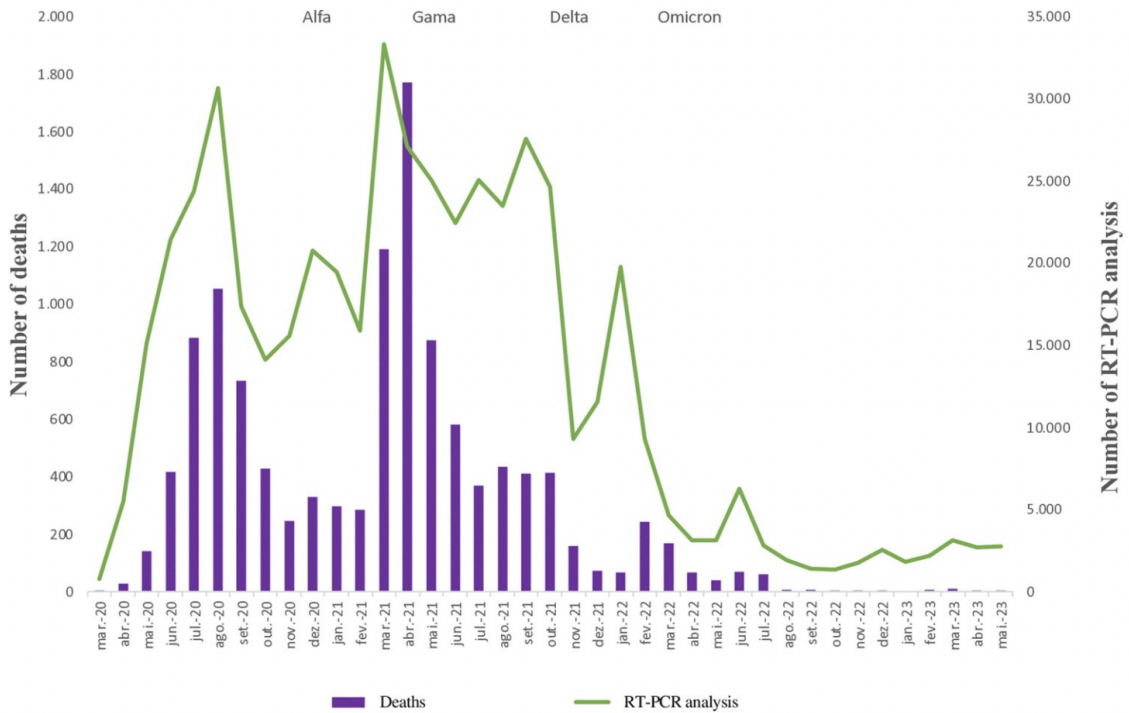


**Fig 1.** Monthly number of RT-PCR analyses carried out at the Central Public Health Laboratory and number of Covid-19 cases, compared with the SARS-CoV-2 variant predominant in Brasília, 2020 to 2023.

Source: elaborated by the authors

When observing the number of deaths from Covid-19 in Brasília, it is possible to notice a fluctuation in their number over the three years, with the highest occurrence in April 2021, a period in which the Gamma variant was predominant. The peak of deaths in Brasília occurred in April 2021 (1,769 deaths), precisely one month after the peak of samples analyzed by RT-PCR (33,286 samples). After this date, there was a decrease in the number of deaths from the disease over the months and years, reducing to less than 10 deaths per month from August 2022 onwards. It is worth noting that the laboratory “blackout” occurred in June 2022 was not reflected in an increase in deaths, probably due to the characteristics of the Omicron variant:

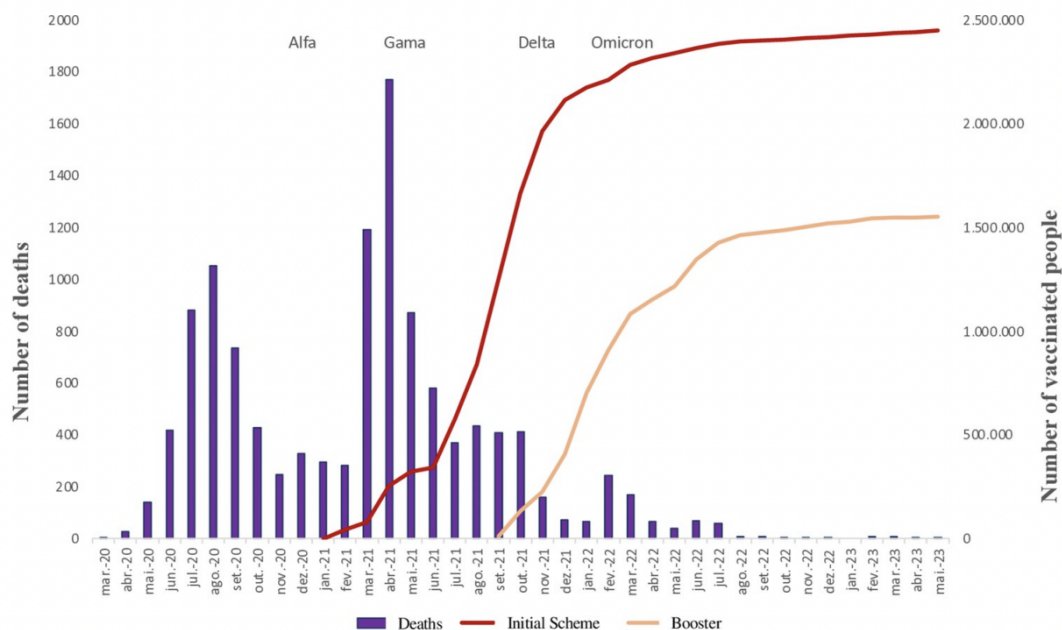
high transmissibility accompanied by lower lethality, compared to other strains of interest (Fig 2).



**Fig 2.** Monthly quantity of RT-PCR analysis carried out at the Central Public Health Laboratory and number of deaths from Covid-19, compared with the SARS-CoV-2 variant predominant in Brasília, 2020 to 2023.

Source: elaborated by the authors

Fig 3 shows the comparison between the number of deaths, of people vaccinated—initial and booster schedule—and the emergence of variants of concern. According to data from the Ministry of Health, the population of Brasília in 2023 was 3,015,268 people. When Brasília reached 50% of the vaccinated population (September 2021), the number of analyses reduced significantly, rising again only in the peaks caused by the Omicron variant. The month of September 2021 is when the booster dose begins to be applied, which also contributes to the reduction in the number of deaths in the subsequent months. The peak of deaths, as previously identified, occurred in April 2021, in line with the progress of the vaccination schedule.



**Fig 3.** Number of registered deaths, vaccination schedule and predominant SARS-CoV-2 variants in Brasília, 2020 to 2023.

Source: elaborated by the authors.

As far as the average time for releasing results by the LACEN, it was longer in the months of July 2020 (around eight days for release), followed by the months of June (three days), May and August, both around two days for the analysis results to be released. It is noteworthy that for the years 2021, 2022 and 2023 the average number of days to release exam results was less than one day, followed by a decrease in January 2021 from 0.99 to 0.28 to obtain the exam result for Covid-19 (Table 1). The average time for releasing RT-PCR results has reduced from up to 8 days in 2020, to around eight hours in 2023.

It is important to highlight the correlation between the variables of interest in this work (number of RT-PCR analyses, confirmed cases, deaths, total number of people with the initial vaccination schedule and with the booster dose). There is no significant correlation between the number of cases and vaccination in Brasília.

**Table 1.** Month and average release period in days of the results of RT-PCR analysis from the Central Public Health Laboratory, Brasília, 2020 to 2023.

Month/Year	2020	2021	2022	2023
	Monthly average, in days, for releasing RT-PCR analysis results			
January	.	0.99	0.77	0.28
February	.	0.52	0.52	0.33
March	0.79	0.94	0.39	0.35
April	0.79	0.69	0.41	0.29
May	2.12	0.79	0.39	0.38
June	3.89	0.95	0.47	.
July	8.33	0.57	0.45	.
August	2.51	0.45	0.35	.
September	1.03	0.92	0.30	.
October	0.69	0.77	0.28	.
November	0.62	0.44	0.23	.
December	1.34	0.43	0.34	.

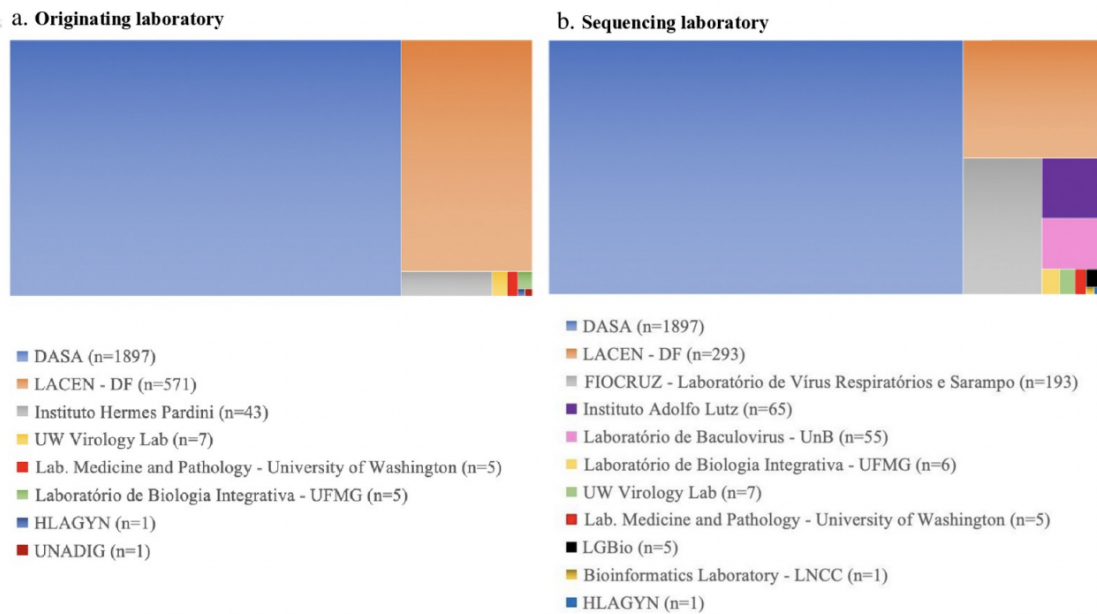
Source: elaborated by the authors from InfoSau´de-DF<sup>17</sup>

It is important to highlight the correlation between the variables of interest in this work (number of RT-PCR analyses, confirmed cases, deaths, total number of people with the initial vaccination schedule and with the booster dose). There is no significant correlation between the number of cases and vaccination in Brasília.

It should be noted, however, that the number of RT-PCR analyses for Covid-19 is positively correlated with the number of cases (47.35%) and the number of deaths in the month (80.51%). On the other hand, the advancement of vaccination is negatively correlated with the number of cases: initial scheme (-85.40%) and booster dose (-88.47%). Initial and booster vaccinations are negatively correlated with the number of deaths (-75.99% and -83.71%, respectively). As expected, the Initial Schedule and Booster Dose are highly correlated (90.79%). Evaluating the provenance of the SARS-CoV-2 sequences available in the GISAID database in Brasília (Fig 4), it is observed that a large part of the samples were sequenced by private laboratories, the vast majority by laboratories from the DASA group (1,897) and a small portion of the samples collected by the Hermes Pardini Institute (43).

Among public laboratories, LACEN stands out, which received 571 samples and managed to sequence more than 50% (293). In sequencing the samples, there was significant participation by FIOCRUZ in the Respiratory Virus and Measles Laboratory (193), the Adolfo Lutz Institute (65) and research laboratories at Brazilian public universities such as the University of Brasília—UNB (55), Federal University of Minas Gerais—UFMG (6) and Federal University of Goiás—UFG (5). Some American laboratories, from the University of Washington, also worked on

sequencing SARS-CoV-2 samples from the Federal District: Virology Lab (7) and Laboratory Medicine and Pathology (6) (Fig 4).



**Fig 4.** Characterization of the number of Covid-19 samples received and sequenced in public and private national and international laboratories for demand in Brasília from 2020 to 2023.

Source: elaborated by the authors.

## Discussion

The data from the present study show an increase in the number of RT-PCR analyzes in Brasília in April 2020, in line with the arrival of the first batch of 10 million tests purchased by the Ministry of Health (MS) to expand coronavirus testing in the country [22], in addition to peaks in analyses by the Brasília LACEN that coincide with the predominance of the different variants of SARS-CoV-2, with the last identified, and less lethal, Omicron variant. The Omicron variant appears in a scenario of implementation of the vaccination schedule and release of booster doses and in the midst of the third wave of morbidity caused by Covid-19 [23]

In several countries around the world [24], the Omicron variant, as well as other variants of concern (VOC) and variants of interest (VOI) were identified in 2021. Our results are similar to the findings of Lamarca et al. [25] who found a proportional increase in genomes sequenced for the Omicron variant throughout Brazil, with the state of São Paulo having the highest percentage of genomes of the variant, with dispersions to the states of Minas Gerais, Rio de

Janeiro and Rio Grande do Sul between October and November 2021, in addition to the state of Tocantins with the first variant identification in December of the same year [26].

A decrease in RT-PCR analyses is evident from September 2021 onwards, in Brasília, possibly due to the introduction of rapid tests in Brazil: some of them only allowed the identification of antibodies (negative or positive result, without specifying the type), while other tests track IgM and IgG antibodies distinctly [27].

These findings are in line with the MS initiative to start rapid testing by antigen test in Brasília through the National Testing Plan for Covid -19 in August 2021 [28], and which the following year had its second edition called the National Plan for Expansion of Testing for Covid-19 (PNE-Test), that aimed to expand diagnosis for Covid-19 through rapid antigen testing in symptomatic and asymptomatic individuals based on the care diagnosis strategy, active search and screening [12]. Other countries, such as Portugal, also carry out these actions to prevent diseases and promote health, with the pharmacist playing an essential role in health education, especially with regard to self-medication care; and through screening and monitoring through self-tests for cardiovascular, metabolic and respiratory diseases, such as Covid-19 [29].

The decrease in RT-PCR analyses at the Brasília LACEN also comes from Anvisa's authorization through Collegiate Board Resolution (RDC) n° 377 of April 28, 2020 [30], which allows pharmacies and drugstores to carry out rapid tests to detect Covid-19, on an exceptional and temporary basis. These hypotheses are in line with the literature review [31], which describes that serological tests are widely used to mitigate SARS-CoV-2 but points the limitations and advantages in their applicability, which are: the possibility of the method not detecting the disease in asymptomatic patients, in addition to not being adopted exclusively as a parameter for ruling out infection. Among its advantages is the low cost of acquiring the tests when compared to the RT-PCR method, which is evident from the economic analysis study [32] that highlight the advantages of serological tests in relation to the reduction in total costs for health services, ease of use, decentralization in places without laboratory support and test response time. However, a disadvantage is that not all results from these tests were incorporated into the information system centralized at the Ministry of Health, which makes it difficult for the health authority to monitor the evolution of the pandemic from then on. The fact is in line with the limitation evidenced of Leite et al. [33]: the difficulty in implementing information regarding the performance of laboratories trained to face SARS-CoV-2 in the Regions of the Americas. Furthermore, some countries such as the United States and Brazil faced some difficulties in combating the Covid-19 pandemic due to political conflicts and

intergovernmental [34] conflicts, as well as the federal government's lack of leadership in implementing actions aimed at fighting mitigating the disease among the three federative entities [35].

Regarding response time, the longest average number of days to release results by Brasília LACEN was eight days in July 2020 when compared to all other months and years analyzed. This lag time is within not the time parameters for releasing results within three days, as explained by the Ministry of Health [36] regarding the estimated time for tests to detect Covid-19: rapid antigen test (TR-Ag) with a time of 20 minutes; antigen self-test (AT-Ag) with a time of 20 minutes and the RT-PCR with a time of 72 hours (3 days).

Of the 2,528 Covid-19 samples sequenced from Brasília, only 11.6% were carried out by the Brasilia LACEN, thus requiring the collaboration from other public and private laboratories, teaching and research institutions, accompanied by a global shortage of inputs related to assistance and laboratory diagnosis [12]. Furthermore, the virus mutation process explains the appearance of the Alpha, Gamma, Delta and Omicron variants in Brasília, plus the reinfection of the disease. The decrease in the effectiveness of vaccines and the decrease in sensitivity to diagnostic tests, reinforced the need to maintain non-pharmacological measures and the acceleration of immunization as a strategy for managing and controlling the circulation of the virus and new mutations [23, 37].

This study presents limitations inherent to studies with secondary data, such as the occurrence of inaccuracy and/or incompleteness of data, the use of absolute data on both cases and deaths, which makes it impossible to verify the incidence of the disease and mortality rate, in addition to be an exploratory study without aiming to search for causal results.

It can be seen that Brasilia LACEN response capacity was correlated with the number of cases and deaths due to Covid-19, due to the monitoring of the diagnostic sector in carrying out RT-PCR analyses that fluctuated during the period analyzed. Despite not having a positive correlation between vaccination and the number of cases and deaths, it is noted that vaccination coverage was associated with a decrease in the transmissibility of the disease and consequently in the number of deaths from Covid-19.

The Brasília LACEN had a decrease in the demand for RT-PCR analyses in the years 2022 and 2023, however, throughout the respective year it maintained an average of less than one day to release test results in a satisfactory manner based on the time estimated by the Ministry of Health. Regarding the genomic surveillance of SARS-CoV-2 in Brasília, the vast majority of samples were sequenced by private laboratories and those sequenced by Brasilia LACEN were not covered in their entirety for the years 2020 to 2023. This study showed satisfactory results

in the diagnostic readiness to SARS-CoV-2 in Brasília. It discusses and provides strategies that will contribute to government and health entities, both nationally and internationally, to increase laboratory readiness, both to face Covid-19 and other viral health crises that may emerge.

## References

1. Holshue ML, DeBolt C, Lindquist S, Lofy KH, Wiesman J, Bruce H, et al. First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States. *N Engl J Med* [Internet]. 2020 Mar 5; 382(10):929–36. Available from: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa2001191> PMID: 32004427
2. Álvarez RP, Harris PR. COVID-19 en América Latina: Retos y oportunidades. *Rev Chil pediatr*. 2020; 91(2):179–82.
3. OPAS OPA da S. OMS afirma que COVID-19 é agora caracterizada como pandemia [Internet]. 2020 [cited 2024 Jan 10]. p. 1. Available from: <https://www.paho.org/pt/news/11-3-2020-who-characterizes-covid-19-pandemic#:~:text=OMS afirma que COVID-19 é agora caracterizada como pandemia,-Copied to clipboard&text=11 de março de 2020,agora caracterizada como uma pandemia>
4. OPAS OPA da S. OMS declara fim da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional referente à COVID-19 [Internet]. 2022 [cited 2024 Jan 10]. p. 1. Available from: <https://www.paho.org/pt/noticias/5-5-2023-oms-declara-fim-da-emergencia-saude-publica-importancia-internacionalreferente>
5. Garcia LP. Uso de máscara facial para limitar a transmissão da COVID-19. Vol. 29, *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. scielo; 2020.
6. Rosa MFF, da Silva EN, Pacheco C, Diógenes MVP, Millett C, Gadelha CAG, et al. Direct from the COVID-19 crisis: research and innovation sparks in Brazil. *Heal Res Policy Syst* [Internet]. 2021; 19 (1):10. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12961-020-00674-x>
7. Pinto GS, Hung M, Okoya F, Uzman N. FIP's response to the COVID-19 pandemic: Global pharmacy rises to the challenge. *Res Soc Adm Pharm* [Internet]. 2021; 17(1):1929–33. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1551741120307440>
8. Cavalcante FV, Oliveira A, Araujo SQ de, Pacheco C, Sacco R da CC e S. Testes diagnósticos nacionais: insumos essenciais para a vigilância sindrômica da Covid-19. Vol. 46, *Saúde em Debate*. scielo; 2022.
9. Mayr V, Nußbaumer-Streit B, Gartlehner G. Quarantine Alone or in Combination with Other Public Health Measures to Control COVID-19: A Rapid Review. *Gesundheitswesen* [Internet]. 2020; 82 (6):501–6. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/32413914>
10. Corman VM, Landt O, Kaiser M, Molenkamp R, Meijer A, Chu DKW, et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance*. 2020; 25(3):2000045. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045> PMID: 31992387
11. Cheng MP, Papenburg J, Desjardins M, Kanjilal S, Quach C, Libman M, et al. Diagnostic Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome–Related Coronavirus 2.

- Ann Intern Med [Internet]. 2020 Apr 13; 172(11):726–34. Available from: <https://doi.org/10.7326/M20-1301>
12. Ministério da Saúde B. Diagnosticar para cuidar [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021. p. 71. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/coronavirus/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/diagnosticar-para-cuidar-estrategia-nacional-de-vigilancia-epidemiologica-e-laboratorial.pdf>
  13. Landim ELAS, Guimarães M do CL, Pereira APC de M. Rede de Atenção à Saúde: integração sistêmica sob a perspectiva da macrogestão. Saúde em Debate [Internet]. 2019; 43(spe5):161–73. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-11042019001000161&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019001000161&tlng=pt)
  14. de Souza UJB, Dos Santos RN, Campos FS, Lourenço KL, da Fonseca FG, Spilki FR, et al. High Rate of Mutational Events in SARS-CoV-2 Genomes across Brazilian Geographical Regions, February 2020 to June 2021. Viruses. 2021 Sep 10; 13(9):1806. <https://doi.org/10.3390/v13091806> PMID: 34578387
  15. Ministério da Saúde B. Painel Coronavírus [Internet]. 2020 [cited 2021 Apr 11]. Available from: <https://covid.saude.gov.br>
  16. Ministério da Saúde B. Vacinômetro [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021. Available from: [https://infoms.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI\\_DEMAS\\_Vacina\\_C19/SEIDIGI\\_DEMAS\\_Vacina\\_C19.html](https://infoms.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19.html)
  17. Secretaria de Vigilância em Saúde DF. Relatório de Exames RT-PCR–Covid-19 do LACEN-DF [Internet]. Brasília: Secretaria de Saúde do Distrito Federal; 2024. Available from: <https://info.saude.df.gov.br/relatoriodeexamesrtPCR/>
  18. Shu Y, McCauley J. GISAID: Global initiative on sharing all influenza data—from vision to reality. Eurosurveillance. 2017; 22(13):30494. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.13.30494> PMID: 28382917
  19. EpiFLU. Global Initiative on Sharing All Influenza Data [Internet]. GISAID; 2008. Available from: <https://gisaid.org/wiv04/>
  20. OPAS OPA da S. NEWS. 2021. p. 1 OMS anuncia nomenclaturas simples e fáceis de pronunciar para variantes de interesse e de preocupação do SARS-CoV-2. Available from: <https://www.paho.org/pt/noticias/1-6-2021-oms-anuncia-nomenclaturas-simples-e-faceis-pronunciar-para-variantes-interessee>
  21. Brasil. Normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. [Internet]. Brasília: Conselho Nacional de Saúde; 2016. p. 44–6. Available from: [https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resolucao\\_n\\_510\\_-\\_2016\\_-\\_Cincias\\_Humanas\\_e\\_Sociais.pdf](https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resolucao_n_510_-_2016_-_Cincias_Humanas_e_Sociais.pdf)
  22. OPAS OPA da S. Chega ao Brasil o primeiro lote dos 10 milhões de testes comprados pelo Ministério da Saúde via OPAS [Internet]. 2020. p. 1. Available from: <https://www.paho.org/pt/noticias/22-4-2020- chega-ao-brasil-primeiro-lote-dos-10-milhoes-testes-comprados-pelo-ministerio-da>
  23. Moura EC, Cortez-Escalante J, Cavalcante FV, Barreto IC de HC, Sanchez MN, Santos LMP. Covid19: temporal evolution and immunization in the three epidemiological waves, Brazil, 2020–2022. Vol. 56, Revista de Saúde Pública. scielo; 2022. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004907> PMID: 36515307
  24. Sahadeo NSD, Nicholls S, Moreira FRR, O’Toole A’, Ramkissoon V, Whittaker C, et al. Implementation of genomic surveillance of SARS-CoV-2 in the Caribbean: Lessons learned for sustainability in resource-limited settings. PLOS Glob Public Health. 2023 Feb 22; 3(2):e0001455. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001455> PMID: 36963002

25. Lamarca AP, Souza UJB, Moreira FRR, Almeida LGP, Menezes MT, Souza AB, et al. The Omicron Lineages BA.1 and BA.2 (Betacoronavirus SARS-CoV-2) Have Repeatedly Entered Brazil through a Single Dispersal Hub. *Viruses*. 2023 Mar 30; 15(4):888. <https://doi.org/10.3390/v15040888> PMID: 37112869
26. de Souza UJB, Dos Santos RN, de Melo FL, Belmok A, Galvão JD, de Rezende TCV, et al. Genomic Epidemiology of SARS-CoV-2 in Tocantins State and the Diffusion of P.1.7 and AY.99.2 Lineages in Brazil. *Viruses*. 2022 Mar 23; 14(4):659. <https://doi.org/10.3390/v14040659> PMID: 35458389
27. Lima FET, Albuquerque NLS de, Florencio S de SG, Fontenele MGM, Queiroz APO, Lima GA, et al. Intervalo de tempo decorrido entre o início dos sintomas e a realização do exame para COVID-19 nas capitais brasileiras, agosto de 2020\*. Vol. 30, *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. scielo; 2021.
28. Agência Brasil S. News. 2021 [cited 2024 Jan 10]. p. 1 Ministério da Saúde promove testagem rápida com voluntários no DF. Available from: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-08/ministerio-da-saude-faz-promove-testagem-rapida-com-voluntarios-no-df>
29. Alves da Costa F, Paulino E, Criso'stomo S. Role of Portuguese community pharmacy and pharmacists in self-care. *Explor Res Clin Soc Pharm*. 2023 Sep 21; 12:100334. <https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2023.100334> PMID: 37810745
30. ANVISA AN de VS. Resolução. 2020 [cited 2024 Feb 28]. p. 2 RDC ANVISA No 377. Available from: <https://www.as.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/Anexo-3-do-BI-no14-RDC-ANVISA-No377-Autoriza-uso-de-testes-rapidos-nas-farmacias.pdf>
31. Dias V, Carneiro M, Michelin L, Vidal CF de L, Costa L, Ferreira CE dos S, et al. Testes sorológicos para COVID-19: Interpretação e aplicações práticas. *J Infect Control*. 2020; 9(2):90–101.
32. de Araújo ESA, Condursi JR, Garmatter LPL. Análise Econômica da Incorporação do Teste rápido de antígeno para Covid-19 versus RT-PCR como estratégia de diagnóstico de pacientes sintomáticos no pronto atendimento de uma operadora de saúde do Brasil. *Brazilian J Infect Dis* [Internet]. 2022; 26:101781. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1413867021002506>
33. Leite JA, Gresh L, Vicari A, Gabastou JM, Perez E, Aldighieri S, et al. COVID-19 laboratory preparedness and response in the Americas Region: Lessons learned. Simuunza MC, editor. *PLoS One* [Internet]. 2021 Jun 29; 16(6):e0253334. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0253334> PMID: 34185777
34. Abrucio FL, Grin EJ, Franzese C, et al. Combate à COVID-19 sob o federalismo bolsonarista: um caso de descoordenação intergovernamental. *Rev Adm. Pública*. 2020; 54(4):663–677.
35. Shimizu HE, Lima LD de, Carvalho ALB de, Carvalho BG, Viana ALD. Regionalization and the federative crisis in the context of the Covid-19 pandemic: deadlocks and perspectives. *Saúde debate* [Internet]. 2021; 45(131):945–57. Available from: <https://doi.org/10.1590/0103-11042021131011>
36. Ministério da Saúde B. Entenda as diferenças entre RT-PCR, antígeno e autoteste [Internet]. 2022. p. 1. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022/fevereiro/entenda-asdiferencas-entre-rt-pcr-antigeno-e-autoteste>
37. Naveca F, da Costa C, Nascimento V, Souza V, Corado A, Nascimento F, et al. SARS-CoV-2 reinfection by the new Variant of Concern (VOC) P. 1 in Amazonas, Brazil. *Virol org*. 2021

## 5.4 ARTIGO 4

(Submetido em junho de 2025 ao periódico “Revista de Saúde Pública”)

---

Prontidão laboratorial para sequenciamento genômico do SARS-CoV-2 no Brasil, 2021 a 2024

### *Laboratory readiness for SARS-CoV-2 genomic sequencing in Brazil, 2021 to 2024*

**Autores:** Fabrício Vieira Cavalcante; Leonor Maria Pacheco Santos; Ethel Leonor Noia Maciel; Christina Pacheco Santos Martin; Vagner de Souza Fonseca; Ruth da Conceição Costa e Silva Sacco; Tiago Machado de Alencar; Rodrigo Guerino Stabeli; Mauro Niskier Sanchez.

#### **RESUMO:**

**OBJETIVO:** Analisar o esforço nacional de laboratórios públicos e privados para ampliar a capacidade diagnóstica no Brasil e reduzir o tempo médio de resposta (TMR) do sequenciamento das amostras de SARS-CoV-2 entre 2021 a 2024.

**MÉTODOS:** Estudo transversal, analítico, com base em dados secundários do *Global Initiative on Sharing all Influenza Data* (GISAID). Foi calculado o TMR (dias entre a entrada da amostra e a data de sequenciamento) de todas as amostras provenientes do Brasil. A análise considerou variantes do SARS-CoV-2, Unidades Federativas (UF), regiões e instituições envolvidas. Utilizaram-se estatísticas descritivas, teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn para comparações, utilizando os softwares Excel e R.

**RESULTADOS:** Registraram-se, no Brasil, 251.287 sequenciamentos do SARS-CoV-2 no período estudado, sendo 12,7% executados pela iniciativa privada. O TMR reduziu-se ao longo dos anos: em 2023 e 2024 foi de 82,4 dias e de 70 dias, respectivamente; a maioria das UF apresentaram redução significativa destes valores. Ao longo do período percebeu-se heterogeneidade deste indicador, entre regiões, variantes prevalentes e entre UF. Os laboratórios públicos e fundações privadas sem fins lucrativos foram os principais atores nesta iniciativa.

**CONCLUSÃO:** As diferenças nos TMR observadas se devem a dificuldades de prover capacidade laboratorial e recursos humanos adequados de forma equitativa no país, considerando suas dimensões continentais. Outros fatores contribuintes para o cenário

observado foram a sobrecarga imposta aos serviços de saúde durante a pandemia, a necessidade de intensificação da vigilância das variantes circulantes ao longo do tempo e a falta de uma coordenação nacional efetiva, direcionando a resposta aos desafios apresentados no período. Urge organizar uma rede de vigilância genômica nacional, articulada para diminuir desigualdades regionais, preparando o país para futuras emergências em saúde pública.

**Palavras-Chave:** Covid-19. Genômica. Serviços de Vigilância Epidemiológica. Epidemiologia.

## **INTRODUÇÃO:**

Desde a criação, e em mais de três décadas de existência, o Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil tem se destacado pela resiliência no enfrentamento dos desafios em saúde. No início de março de 2020, o novo coronavírus, SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*), pela sua alta virulência, transmissibilidade e letalidade, desenhou um cenário pandêmico declarado pela Organização Mundial da Saúde (OMS)<sup>1</sup>. No Brasil, o início da Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) pelo SARS-CoV-2 (Covid-19) foi decretada em 03 de fevereiro de 2020 e o seu final em 21 maio de 2022<sup>2</sup>.

Devido à alta infectividade, o vírus atingiu um total de 777.751.597 casos e 7.095.536 óbitos em todo mundo<sup>3</sup>. No Brasil, foram 39.274.252 casos e 716.192 óbitos, até 22 de maio de 2025<sup>4</sup>. Sua elevada transmissibilidade representa um grande desafio para os sistemas de saúde o que necessitou de força tarefa nacional de diversos setores da sociedade para a mitigação da morbimortalidade<sup>5, 6</sup>.

As comunidades científicas nacional e internacional têm desenvolvido estratégias para desacelerar a propagação da doença na sociedade de maneira voluntária ou fomentadas por agência de auxílio à pesquisa e desenvolvimento<sup>7</sup>. Serviços de saúde nos três níveis de assistência (municipal, estadual e nacional), também se reorganizaram para atender ao cenário epidemiológico e mitigar os óbitos causados pela Covid-19, com ações que incluíram atendimentos por teleconsultas<sup>8</sup>; readequação estrutural e operacional<sup>9</sup>; capacitação profissional<sup>10</sup>, aquisição de insumos e equipamentos<sup>11, 12</sup> e desenvolvimento de Equipamento de Proteção Individual (EPI)<sup>13</sup>.

Neste cenário, os laboratórios de saúde pública desempenharam um papel essencial no apoio diagnóstico, na alimentação dos sistemas de informação em saúde no rastreamento e

identificação de novas variantes da Covid-19. Os testes diagnósticos para Covid-19 continuam em constante desenvolvimento<sup>14</sup>; sendo que a reação em cadeia polimerase com transcrição reversa (RT-PCR) é considerada método padrão-ouro para confirmação dos casos do vírus SARS-CoV-2<sup>15</sup>. Os ensaios imunoenzimáticos e os imunocromatográficos realizam o diagnóstico da infecção de forma indireta por meio da resposta imune da pessoa infectada<sup>16</sup>.

No Brasil, os *National Influenza Centres* (NIC), Centros Nacionais de Influenza, foram os primeiros a realizar os diagnósticos laboratoriais do SARS-CoV-2 em fevereiro de 2020. A expansão dos testes moleculares ocorreu a partir de março de 2020 com a capacitação da rede laboratorial e o recebimento de insumos para a realização do RT-PCR em todos os estados brasileiros<sup>17</sup>. Porém, o sequenciamento de amostras foi aquém do esperado ainda mais considerando o aumento das mutações virais do SARS-CoV-2<sup>18</sup>.

Esse estudo teve como objetivo analisar o tempo de resposta do sequenciamento das amostras de SARS-CoV-2 no Brasil, identificando instituições envolvidas, variantes, Unidade da Federação, e Região brasileira, de 2021 a 2024, no âmbito do esforço de laboratórios públicos e privados para ampliar a capacidade diagnóstica no Brasil.

## **MÉTODO**

Trata-se de estudo transversal, analítico, utilizando-se o banco de dados do *Global Initiative on Sharing all Influenza Data* (GISAID), composto por amostras de sequenciamento do SARS-CoV-2; houve necessidade de credenciamento prévio para garantir o acesso aos dados do GISAID. O recorte temporal abrangeu o período 01 de janeiro 2021 até 31 de dezembro de 2024.

Analisaram-se dados referentes às variantes de preocupação (VOCs) do SARS-CoV-2 estabelecidas pela OMS<sup>3</sup> por período de amostragem no Brasil conforme sua classificação: Alfa, Gama, Delta e Omicron e respectivos anos de surgimento. Além disso, verificou-se a distribuição geográfica do Tempo Médio de Resposta (TMR) para o sequenciamento genômico do SARS-CoV-2 por Unidades da Federação (UF) e por Regiões do Brasil, elaborando-se mapas a partir do ggplot2, do Software estatístico R<sup>19</sup>.

A consolidação dos dados foi feita no Programa Excel (*Microsoft Office*®, 2021). Utilizou-se o Software R (versão 4.3.1) para o cálculo do TMR, que representa o período em dias desde a data de entrada da amostra no laboratório até a data do sequenciamento, por Regiões do Brasil, UF, mês e ano; além, do cálculo da média, desvio padrão e intervalo

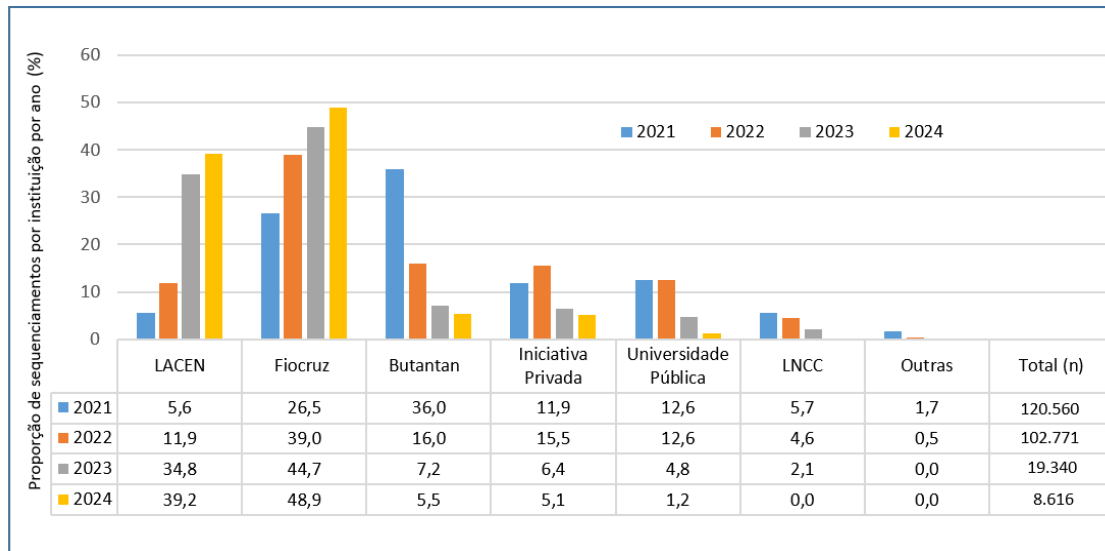
de confiança de 95% (IC<sub>95%</sub>). Para verificar a existência de diferenças nos tempos médios de resposta entre os anos avaliados, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis, uma técnica não paramétrica apropriada para comparação de três ou mais grupos independentes. Em caso de significância estatística, procedeu-se com comparações múltiplas entre pares de grupos por meio do teste de Dunn, com aplicação da correção de Bonferroni para controle do erro do tipo I. Consideraram-se estatisticamente significativas as comparações cujo valor de *p* ajustado foi inferior a 0,05.

Por se tratar de dados secundários de acesso público, este estudo dispensou aprovação por Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos<sup>20</sup>.

## **RESULTADOS**

Entre janeiro de 2021 e dezembro de 2024, foram registrados 251.287 sequenciamentos do SARS-CoV-2 provenientes do Brasil no GISAID, sendo 120.560 (48,0%) em 2021, 102.771 (40,9%) no ano de 2022, 19.340 (7,7%) em 2023, e 8.616 (3,4%) em 2024.

O sequenciamento do SARS-CoV-2 no Brasil teve a atuação essencial dos laboratórios de saúde pública, de instituições de pesquisa e da iniciativa privada. Participaram deste esforço os Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACEN) de todas as 27 Unidades da Federação, com 29.106 sequenciamentos; e técnicos da Coordenação Geral de Laboratórios do Ministério da Saúde (CGLAB/MS), que colaboraram com a interpretação dos dados de 809 destes sequenciamentos. Dentre as instituições de pesquisa, destacaram-se Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Instituto Butantan, Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) e Universidades Públicas. No caso da FIOCRUZ, nove unidades técnico-científicas localizadas nos estados (AM, BA, CE, MG, MS, PE, PI, PR, RJ e RO) realizaram 84.925 sequenciamentos. O Instituto Butantan, localizado em SP, sequenciou 61.642 amostras e o LNCC, no RJ, 11.935. Laboratórios de 19 Universidades públicas federais (UFBA, UFC, UFCSPA, UFG, UFLA, UFMG, UFMS, UFMT, UFOB, UFPB, UFPE, UFRGS, UFRJ, UFRN, UFSC, UFSM, UFT, UNB e UNIFAP) e de três Universidades públicas estaduais (UNICAMP, UNIFESP e USP) sequenciaram 29.166 amostras. Laboratórios da iniciativa privada sequenciaram 31.919 amostras, com grande participação do Diagnósticos da América S.A. (DASA), Hospital Moinho de Vento e Hospital Albert Einstein (Figura 1).



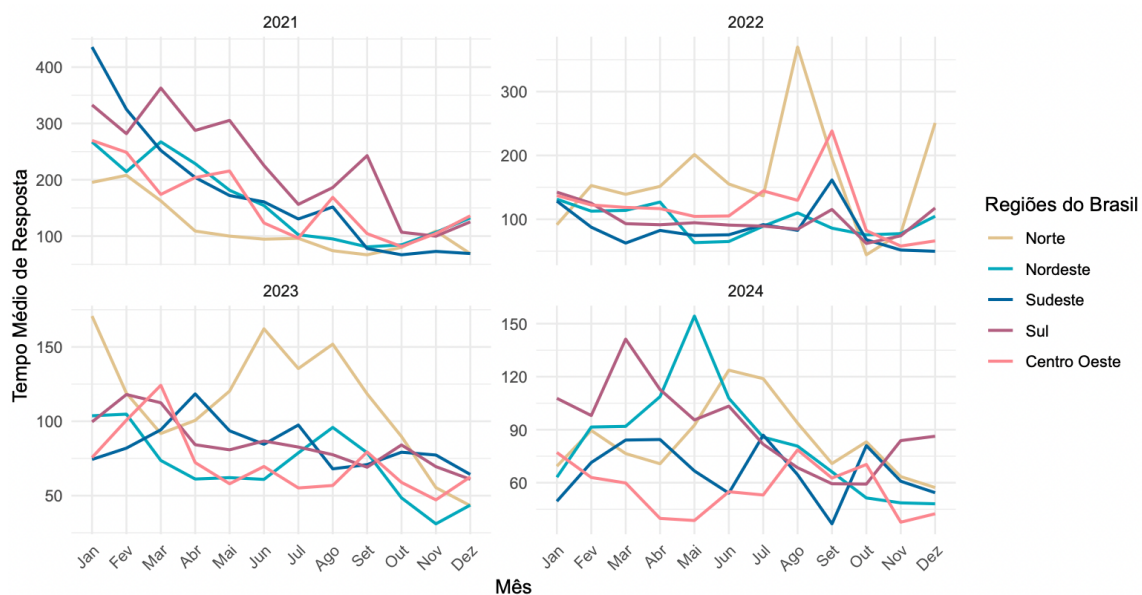
**Figura 1.** Proporção de sequenciamentos realizados por laboratórios de saúde pública, instituições de pesquisa e iniciativa privada para rastreamento do SARS-CoV-2. Brasil 2021-2024.

Fonte: elaboração própria, 2025

Em relação aos Tempo Médio de Resposta (TMR) para sequenciamento das amostras, em 2021, o TMR foi de 151 dias (Desvio-Padrão [DP]: 207 dias; Intervalo de Confiança de 95% [IC95%]: 150,2 – 152,6). No ano de 2022, esse tempo reduziu para 101 dias (DP: 133 dias; IC95%: 100,5 – 102,1), seguido por 82,4 dias em 2023 (DP: 91 dias; IC95%: 81,1 – 83,7) e 70 dias em 2024 (DP: 44 dias; IC95%: 69,3 – 71,1). Observou-se redução progressiva nos TMR ao longo do período analisado.

A análise global por meio do teste de Kruskal-Wallis indicou diferenças estatisticamente significativas entre os anos avaliados ( $p < 0,001$ ). As comparações *post hoc*, conduzidas pelo teste de Dunn, revelaram diferenças significativas entre os pares: 2021–2022 ( $p < 0,001$ ), 2021–2023 ( $p < 0,001$ ), 2021–2024 ( $p < 0,001$ ), 2022–2023 ( $p < 0,001$ ) e 2022–2024 ( $p < 0,001$ ). A comparação entre 2023 e 2024, entretanto, não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,0742$ ).

Esse padrão de oscilação também se refletiu na análise por regiões do Brasil. No ano de 2021, nos meses de janeiro e fevereiro, registraram-se, em todas as regiões, os maiores TMR, com destaque para a Região Sudeste, que apresentou TMR de 435 e 325 dias, respectivamente. A Região Sul seguiu esse padrão, com TMR de 332 e 281 dias nos mesmos meses (Figura 2).



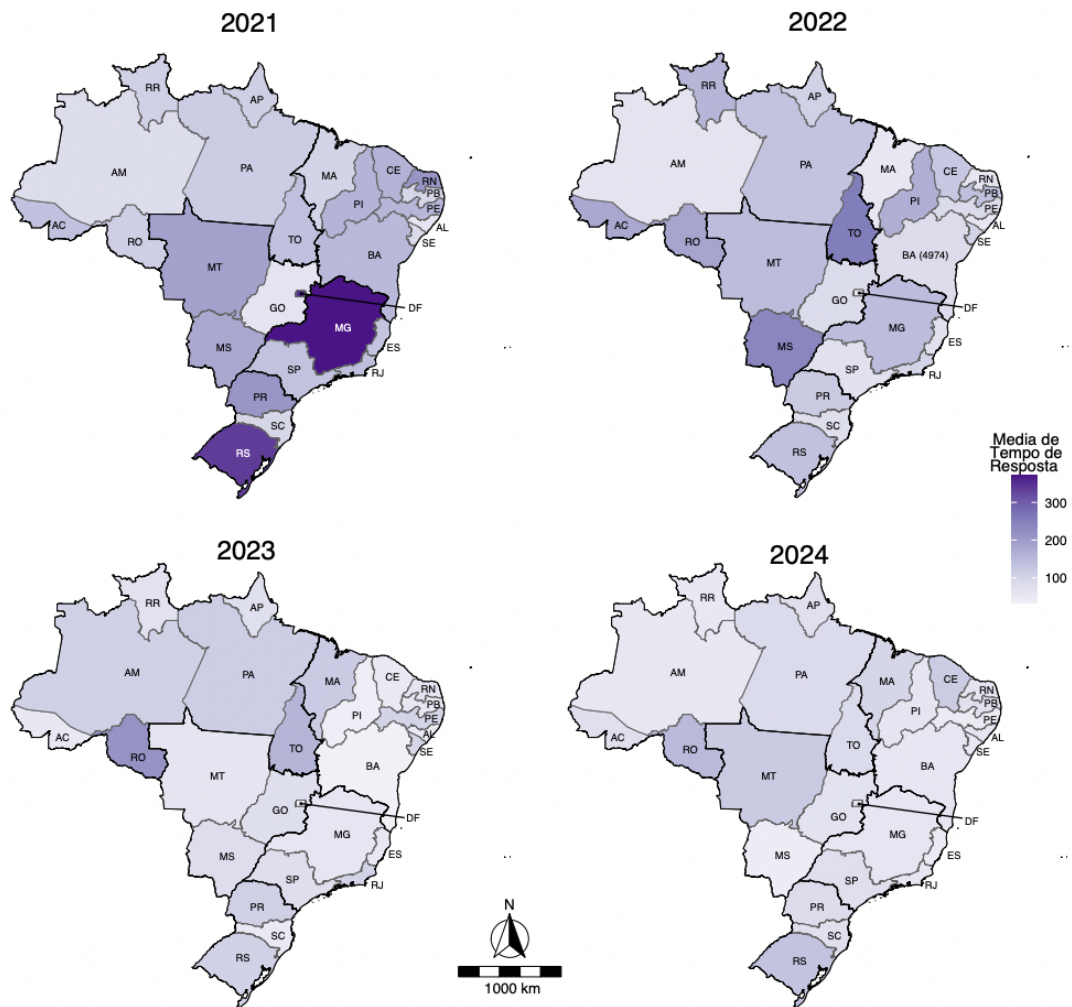
**Figura 2.** Tempo Médio de Resposta (TMR) para o sequenciamento das amostras de SARS-CoV-2 nas Regiões do Brasil, por mês e ano. Brasil, 2021 a 2024.

Fonte: elaboração própria, 2025

Em 2022, observaram-se maiores TMR nas Regiões Centro-Oeste e Norte, com 238 dias em setembro e 369 dias em agosto, respectivamente. No ano de 2023, a Região Norte destacou-se por apresentar, de forma consistente, os maiores TMR ao longo de todos os meses, em comparação com as demais regiões. Já em 2024, o maior TMR foi observado na Região Nordeste, com 154 dias em maio, seguido pela Região Sul, com TMR de 141 dias em março.

Alguns estados brasileiros apresentaram elevados TMR no ano de 2021, com destaque para Minas Gerais (370 dias), Rio Grande do Sul (335 dias), Distrito Federal (349 dias) e Rio Grande do Norte (210 dias). Em 2022, entre todas as unidades federativas, o estado do Tocantins registrou o maior TMR, com 253 dias, seguido por Mato Grosso do Sul, com 238 dias.

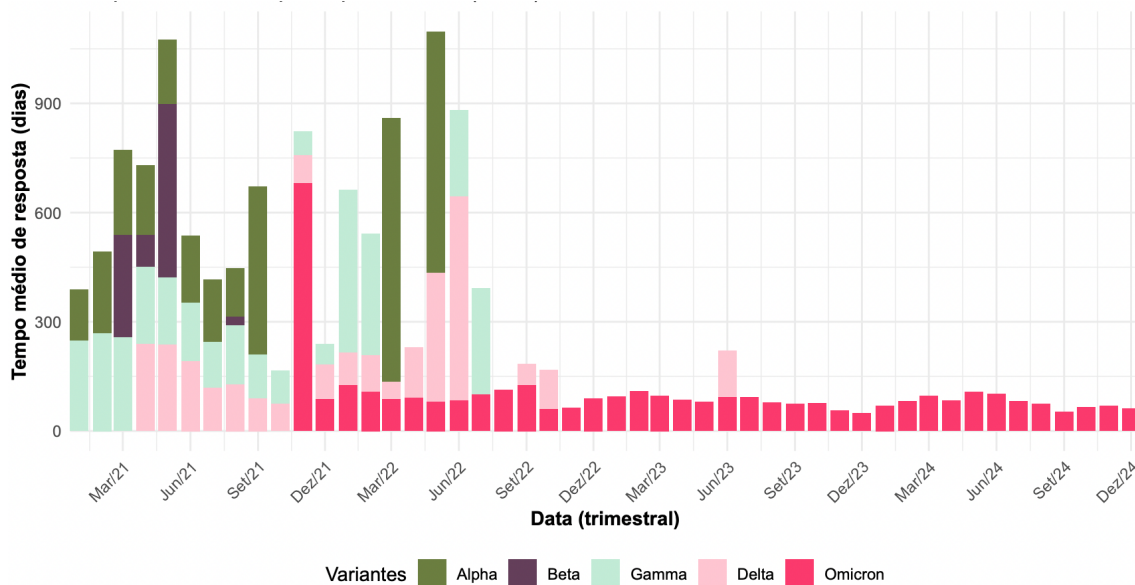
Nos anos de 2023 e 2024, observou-se tendência de redução dos TMR em praticamente todos os estados, quando comparados aos anos anteriores. Exceções a essa tendência foram verificadas em Rondônia, que apresentou TMR de 216 dias em 2023, e nos estados do Ceará e Rio Grande do Sul, que registraram TMR de 117 e 132 dias, respectivamente, no ano de 2024 (Figura 3).



**Figura 3.** Distribuição geográfica do tempo médio de resposta para o sequenciamento do SARS-CoV-2 por Unidade da Federação, Brasil, 2021 a 2024.

Fonte: elaboração própria, 2025

Observaram-se diferenças no TMR para identificação das variantes da Covid-19 ao longo dos anos do estudo, em que a variante Alpha oscilou o seu TMR entre 141 dias a 725 dias, entre os meses de janeiro e março de 2021 e 2022, respectivamente, enquanto para o ano de 2023 e 2024 não foi sequenciado nenhuma amostra com a variante. Já para a variante Beta nota-se uma oscilação no TMR entre os meses do ano de 2021, sem a presença de amostras sequenciadas com a variantes nos anos subsequentes (Figura 4).



**Figura 4.** Tempo médio de resposta para sequenciamento das amostras por variante (Alpha, Beta, Delta, Gamma e Omicron) do SARS-CoV-2 no Brasil, 2021 a 2024. Fonte: elaboração própria, 2025

A variante Delta esteve presente no decorrer dos anos de 2021 a 2022 e chamou atenção o seu reaparecimento somente em junho de 2023 com TMR 127 dias para sua detecção. Enquanto que a variante Gamma teve sua transmissibilidade persistente entre a segunda e terceira onda da Covid-19, com maior TMR de 333 dias, no mês de fevereiro de 2021. Em relação a Omicron, o TMR para sua identificação foi de 680 dias em 2021, tendo uma oscilação no seu TMR entre setembro e dezembro de 2024.

## DISCUSSÃO

Desde maio de 2020, Universidades públicas e instituições de pesquisa brasileiras já haviam demonstrado uma forte mobilização, com diversas ações de mitigação e pesquisa em resposta à pandemia de Covid-19<sup>7</sup>. O número de sequenciamentos realizados nas Universidades públicas brasileiras pode ter refletido nesse compromisso da comunidade acadêmica com a saúde coletiva.

No contexto das parcerias público-privadas voltadas ao fortalecimento da vigilância em saúde no Brasil, destacou-se o papel estratégico do Instituto Todos pela Saúde (ITpS), criado em fevereiro de 2021. O ITpS foi financiado por uma doação do Itaú Unibanco, configurando-se como uma ação voltada ao fortalecimento do sistema de vigilância epidemiológica no Brasil, auxiliando durante a pandemia e tornando o país mais bem preparado para emergências sanitárias que possam surgir no futuro<sup>6</sup>.

O esforço nacional foi responsável ainda em 2020, pela ampliação da capacidade de testagem nos LACEN em 869% para Covid-19 no Brasil. Em 21 de julho de 2020, foi publicada a Portaria nº 1.792, que tornou obrigatória a notificação de todos os resultados de testes diagnósticos para detecção da Covid-19 ao Ministério da Saúde brasileiro (MS). A obrigatoriedade foi ampliada para todos os laboratórios das redes públicas e privadas, universitárias e quaisquer outros, em todo território nacional. Essa medida foi fundamental para o monitoramento dos casos. Outro ponto importante, foi o aporte financeiro na rede laboratorial da ordem de mais de 600 milhões de reais, o que possibilitou a aquisição de equipamentos, materiais e treinamento para a resposta a emergência da Covid-19<sup>17</sup>. Levantamento realizado entre maio e junho de 2023 demonstrou que todos os 27 LACEN, bem como os quatro Laboratórios de Referência nacionais, estavam equipados com plataformas de sequenciamento genético. A quantidade de equipamentos variou entre um e nove por unidade laboratorial, sendo a maioria dos laboratórios dotada de apenas um sequenciador, enquanto outros dispunham de três, quatro e, em casos pontuais, até nove equipamentos<sup>22</sup>.

As variações no TMR de 2022 a 2024 refletiram as assimetrias na capacidade instalada, infraestrutura e recursos humanos entre as regiões do Brasil, pontos esses, já reportados pela OMS<sup>23</sup> como desafios para a implementação equitativa de programas de sequenciamento genômico em países em desenvolvimento, como o Brasil.

Esses achados sugerem que as maiores oscilações nos TMR foram observadas nos primeiros anos da pandemia da Covid-19, possivelmente em função da sobrecarga enfrentada pelos serviços laboratoriais durante esse período. Essa possível sobrecarga, especialmente dos centros laboratoriais de referência, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) no Rio de Janeiro (RJ); Instituto Adolfo Lutz (IAL) em São Paulo (SP) e Instituto Evandro Chagas (IEC) no Pará, pode ter sido porque esses foram responsáveis pela implementação do sequenciamento no país<sup>24</sup>. Dados apresentados por Moura et al. (2022)<sup>2</sup> evidenciaram elevadas incidências de casos e óbitos nas três principais ondas da Covid-19 em todas as regiões do Brasil, o que pode ter impactado diretamente no TMR do sequenciamento do SARS-CoV-2.

Os padrões identificados nos TMR estaduais entre 2021 e 2024 vão de encontro ao apontado por Leite et al. (2021)<sup>25</sup>, a maioria dos países da América Latina não dispunha de infraestrutura laboratorial adequada para o enfrentamento de pandemias, como a da Covid-19. Além disso, a sobrecarga nos sistemas de saúde, desorganizou serviços de

rotina, com impactos na vigilância epidemiológica<sup>26</sup>. No Brasil, a desarticulação entre os entes federativos, marcada por conflitos políticos e intergovernamentais, comprometeu a coordenação nacional e dificultou a implementação de uma resposta sanitária coesa<sup>27, 28</sup>.

Com a evolução genética do SARS-CoV-2 e o surgimento sucessivo de novas variantes, os laboratórios tiveram que intensificar a sua força de trabalho para o rastreamento da doença no Brasil, identificando-se que a Omicron era a variante com maior transmissibilidade no Brasil até dezembro de 2024<sup>29</sup>, momento esse em que foi reportado pela OMS a circulação da subvariante Xec no Brasil<sup>30</sup>.

A variante Omicron, identificada pela primeira vez na África do Sul, retratou uma nova onda na pandemia da Covid-19 pela sua alta transmissibilidade, múltiplas mutações na proteína *spike* e significativa capacidade de evasão imune, o que gerou a substituição das variantes anteriores no cenário brasileiro<sup>31</sup>. No contexto da vigilância genômica, variantes e suas sublinhagens dominaram os painéis de sequenciamento no Brasil a partir de 2022, o que pode explicar em partes a detecção de outras variantes como Alpha e Beta nos anos seguintes.

A oscilação no TMR com a variante Alpha possivelmente se deu em virtude da substituição viral impulsionada pela emergência de variantes mais transmissíveis e imunoevasivas, como a Gamma e Delta que teve seu predomínio no Brasil a partir do primeiro semestre de 2021<sup>32, 33</sup> outras hipóteses como no caso da variante Beta, sugere uma circulação pontual na América Latina quando comparado com outros países como África do Sul e parte da Europa<sup>19, 34</sup>.

Este estudo apresenta limitações inerentes ao uso de dados secundários, destacando-se a possibilidade de incompletude, inconsistências nos registros e assimetrias regionais na notificação dos sequenciamentos genômicos. A natureza voluntária da submissão de informações à plataforma GISAID por laboratórios públicos e privados pode levar à sub-representação de determinadas Unidades da Federação, além de outros vieses estruturais não explicitados que afetam significativamente a composição do banco de dados analisado. Mesmo com os esforços da Coordenação Geral de Laboratório do Ministério da Saúde, com incentivo à compra de equipamentos, kits de sequenciamento e o envio das sequências para a plataforma GISAID, além, da realização de treinamentos técnicos em sequenciamento genético e análises de bioinformática executado no período 2022/2023, esses fatores operacionais e técnicos ainda comprometem a equidade na vigilância genômica nacional.

À luz de aprendizados com anos anteriores, em 2023, a rede laboratorial de saúde pública pela primeira vez foi incluída no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) com previsão de investimento da ordem de 1,5 bilhão até 2026 e a construção do primeiro laboratório nível 4 de biossegurança no Brasil. O investimento nos 27 LACEN aumentará em 400% a capacidade de respostas destes laboratórios para responderem as emergências<sup>35</sup>. Esse cenário de fortalecimento da rede laboratorial vai aprimorar a capacidade instalada dos LACEN para o enfrentamento de futuras emergências sanitárias, como evidenciado em revisão de escopo<sup>36</sup> acerca da importância de uma rede de laboratórios bem estabelecidas e equipadas para gerenciar as demandas de testes para Covid-19, compartilhar dados e implementar intervenções oportunas. Em maio de 2025, a OMS firmou acordo com mais de 120 países que apoiam a criação de possível tratado para enfrentamento de futuras pandemias, por meio da diminuição da desigualdade de recursos que prejudicaram a resposta global à pandemia da Covid-19<sup>37</sup>.

Com isso, reforça-se a necessidade de ampliação da capacidade diagnóstica de forma a aumentar a quantidade de testes moleculares realizados em tempo oportuno, uma vez que o tempo de sequenciamento e liberação do resultado são essenciais para a adoção das medidas terapêuticas e tomada de decisão<sup>5</sup>. A estratégia de vigilância combinada foi fundamental para a introdução da vacinação contra covid-19, que se mostrou altamente eficaz contra a mortalidade pela doença em todos os grupos, além de ter impactado na procura e realização de teste moleculares<sup>38, 39</sup>.

Este estudo evidenciou a mobilização articulada de laboratórios, universidades e centros de pesquisa para o diagnóstico oportuno e para a vigilância genômica do SARS-CoV-2, trazendo um panorama histórico das capacidades laboratoriais nacionais, destacando avanços e o papel estratégico das parcerias interinstitucionais. Além disso, contribui para orientar políticas públicas voltadas ao fortalecimento do sistema nacional de laboratórios e à ampliação da capacidade diagnóstica, não apenas diante da pandemia da Covid-19, mas também frente a futuras emergências sanitárias de origem viral que possam surgir.

**Financiamento:** O presente trabalho foi realizado, em parte, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## REFERÊNCIAS:

1. Mcintosh K. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) [Internet]. 2020 Mar. Disponível em: [https://www.emim.org/PDF\\_covid/Coronavirus\\_disease2019\\_COVID-19\\_UpToDate2.pdf](https://www.emim.org/PDF_covid/Coronavirus_disease2019_COVID-19_UpToDate2.pdf)
2. Moura EC, Cortez-Escalante J, Cavalcante FV, Barreto IC de HC, Sanchez MN, Santos LMP. Covid-19: evolução temporal e imunização nas três ondas epidemiológicas, Brasil, 2020–2022. Revista de Saúde Pública. 2022 Nov 18;56:105. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rsp/article/view/205194>
3. COVID-19 data | WHO COVID-19 dashboard [Internet]. datadot. 2023 [cited 2025 Jun 5]. Disponível em: <https://data.who.int/dashboards/covid19/data?n=c>.
4. Ministério da Saúde. Coronavírus Brasil [Internet]. |Painel Coronavírus. covid.saude.gov.br. 2024. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>.
5. Lima FET, Albuquerque NLS de, Florencio S de SG, Fontenele MGM, Queiroz APO, Lima GA et al. Intervalo de tempo decorrido entre o início dos sintomas e a realização do exame para COVID-19 nas capitais brasileiras, agosto de 2020\*. Epidemiologia e Serviços de Saúde [Internet]. 2020 Dec 18 [cited 2021 Aug 26];30. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/RfyxjRBrqbD37MMQ9YhsMYh/?lang=ptxxx>.
6. Chapchap P. A contribuição da iniciativa Todos pela Saúde ao SUS. Boletim do Instituto de Saúde - BIS [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 5];24(Edição especial):97–100. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/bis/article/view/39988>.
7. Rosa MFF, da Silva EN, Pacheco C, Diógenes MVP, Millett C, Gadelha CAG, et al. Direct from the COVID-19 crisis: research and innovation sparks in Brazil. Health Research Policy and Systems. 2021 Jan 21;19(1). Disponível em: <https://health-policy-systems.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12961-020-00674-x#citeas>.
8. Denise, Santos WD, Duarte M, Cavalcante FV, Oliveira A, Dantas H, et al. Structure and responsiveness: are Primary Health Care Units prepared to face COVID-19? Saúde em Debate [Internet]. 2022 [cited 2025 Jun 5];46(134 jul-set):630–47. Disponível em: <https://revista.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/7012>.
9. Furlanetto D de LC, Santos WD, Scherer MD dos A, Cavalcante FV, Oliveira A, Oliveira KHD de, et al. Estrutura e responsividade: a Atenção Primária à Saúde está preparada para o enfrentamento da Covid-19?. Saúde debate [Internet]. 17º de junho de

2023 [citado 8º de junho de 2025];46(134 jul-set):630-47. Disponível em: <https://www.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/7012>.

10. Salehi R, de Young S, Asamoah A, Aryee SE, Eli R, Couper B, et al. Evaluation of a continuing professional development strategy on COVID-19 for 10 000 health workers in Ghana: a two-pronged approach. *Human Resources for Health*. 2023 Mar 6;21(1). Disponível em: <https://human-resources-health.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12960-023-00804-w>.

11. Armocida B, Formenti B, Ussai S, Palestra F, Missoni E. The Italian health system and the COVID-19 challenge. *The Lancet Public Health* [Internet]. 2020 Mar;5(5). Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667\(20\)30074-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667(20)30074-8/fulltext).

12. Costa B, Carla Jorge Machado, Silva, Fernando José Herkrath, Ramalho F, Gustavo Saraiva Frio, et al. Development of an Index to Assess COVID-19 Hospital Care Installed Capacity in the 450 Brazilian Health Regions. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2022 Aug 22;17. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35993500/>.

13. Rosa, Maria L, Augusto C, Martins A, Rodrigo Luiz Carregaro, Karoline A, et al. Translational pathway of a novel PFF2 respirator with chitosan nanotechnology: from the concept to the practical applications. *Frontiers in Nanotechnology*. 2024 Apr 22;6. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/nanotechnology/articles/10.3389/fnano.2024.1384775/full>

14. Cavalcante FV, Oliveira A, de Q, Pacheco C, Ruth. Testes diagnósticos nacionais: insumos essenciais para a vigilância sindrômica da Covid-19. *Saúde em Debate* [Internet]. 2022 [cited 2025 Jun 8];46(134 jul-set):665–81. Disponível em: <https://revista.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/7005x>.

15. Carvalho ARVS de, Cezarotti Filho ML, Azevedo PCP de, Silveira Filho RN, Barbosa FT, Rocha TJM, et al. Epidemiology, diagnosis, treatment, and future perspectives concerning SARS-COV-2: a review article. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2020 Mar;66(3):370–4. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32520160/>.

16. Sethuraman N, Jeremiah SS, Ryo A. Interpreting Diagnostic Tests for SARS-CoV-2. *JAMA*. 2020 May 6;323(22). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32374370/>.

17. Ministério da Saúde. Diagnosticar para cuidar - Estratégia Nacional de Vigilância Epidemiológica e Laboratorial [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021. pág. 71. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/covid-19/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/diagnosticar-para-cuidar-estrategia-nacional-de-vigilancia-epidemiologica-e-laboratorial.pdf>.
18. de Souza UJB, dos Santos RN, Campos FS, Lourenço KL, da Fonseca FG, Spilki FR. High Rate of Mutational Events in SARS-CoV-2 Genomes across Brazilian Geographical Regions, February 2020 to June 2021. *Viruses*. 2021 Sep 10;13(9):1806. Disponível em: <https://www.mybib.com/pt/ferramentas/gerador-referencias-vancouver>.
19. WHO. World Health Organization. Tracking SARS-CoV-2 variants [Internet]. [www.who.int](http://www.who.int). Genebra: WHO, 2025. Disponível em: <https://www.who.int/en/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants>.
20. Wickham H. *ggplot2* [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-98141-3>.
21. Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016 — Conselho Nacional de Saúde [Internet]. [www.gov.br](http://www.gov.br). 2016. Available from: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/atos-normativos/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf/view>.
22. VEROZZI, Mariana P. et al. Projeto de Fortalecimento da Rede de Laboratórios de Saúde Pública para Atendimento às Emergências de Vigilância em Saúde – Diagnóstico Rápido sobre o Enfrentamento à Pandemia de Covid-19. **Arca Fiocruz**. Rio de Janeiro: 2025. Disponível em: <https://arcadados.fiocruz.br/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.35078/A87P5V>
23. WHO. World Health Organization. SARS-CoV-2 genomic sequencing for public health goals: Interim guidance, 8 January 2021 [Internet]. [www.who.int](http://www.who.int). Disponível em: [https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-genomic\\_sequencing-2021.1](https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-genomic_sequencing-2021.1).
24. Ministério da Saúde. Guia de Vigilância Genômica do SARS-CoV-2: uma abordagem epidemiológica e laboratorial – Ministério da Saúde [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-laboratorial/guia-de-vigilancia-genomica-do-sars-cov-2-uma-abordagem-epidemiologica-e-laboratorial/view>.
25. Leite JA, Gresh L, Vicari A, Gabastou JM, Perez E, Aldighieri S, et al. COVID-19 laboratory preparedness and response in the Americas Region: Lessons learned.

- Simuunza MC, editor. PLOS ONE. 2021 Jun 29;16(6):e0253334. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34185777/>.
26. OECD. The World Bank. Panorama da Saúde: América Latina e Caribe 2023 [Internet]. Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/047f9a8a-pt>
27. Abrucio FL, Grin EJ, Franzese C, Segatto CI, Couto CG. Combate à COVID-19 sob o federalismo bolsonarista: um caso de descoordenação intergovernamental. Revista de Administração Pública [Internet]. 2020 [cited 2025 Jun 8];54(4):663–77. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/81879>.
28. Shimizu HE, Lima LD de, Carvalho ALB de, Carvalho BG, Viana ALD. Regionalização e a crise federativa no contexto da pandemia de Covid-19: impasses e perspectivas. Saúde debate [Internet]. 2021;45(131):945–57. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104202113101I>.
29. Morrison SD, Nikolli E, O'Brien K, Thanik VD. Public health preparedness and response: lessons learned from the COVID-19 pandemic in New York City. Disaster Med Public Health Prep. 2023 Apr;17:e266. Disponível em: doi:10.1017/dmp.2022.320.
30. Capomaccio S. OMS diz que nova variante da covid, em circulação no Brasil desde setembro, está sob monitoramento [Internet]. Jornal da USP. 2024 [cited 2024 Nov 27]. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/oms-diz-que-nova-variante-da-covid-em-circulacao-no-brasil-desde-setembro-esta-sob-monitoramento/>.
31. Viana R, Moyo S, Amoako DG, Tegally H, Scheepers C, Althaus CL, et al. Rapid epidemic expansion of the SARS-CoV-2 Omicron variant in southern Africa. Nature. 2022 Jan 7;603(7902):679–86. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35042229/>.
32. Faria NR, Mellan TA, Whittaker C, Claro IM, Candido D da S, Mishra S, et al. Genomics and epidemiology of the P.1 SARS-CoV-2 lineage in Manaus, Brazil. Science. 2021 Apr 14;372(6544):eabh2644. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33853970/>.
33. Giovanetti M, Fonseca V, Wilkinson E, Tegally H, San EJ, Althaus CL, et al. Replacement of the Gamma by the Delta variant in Brazil: Impact of lineage displacement on the ongoing pandemic. Virus Evolution [Internet]. 2022 Jan 1;8(1). Disponível em: <https://academic.oup.com/ve/article/8/1/veac024/6550638?login=false>.
34. Naveca FG, Nascimento V, de Souza VC, Corado A de L, Nascimento F, Silva G, et al. COVID-19 in Amazonas, Brazil, was driven by the persistence of endemic

lineages and P.1 emergence. *Nature Medicine*. 2021 May 25;27(7):1230–8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34035535/>.

35. Ministério da Saúde [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2023/prt1736\\_09\\_11\\_2023.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2023/prt1736_09_11_2023.html).

36. Inbanathan FY, Wijesinghe PR, Naidoo D, Nilesh Buddha, Salvador EC, Le KK, et al. Assessment of public health laboratory preparedness and response in WHO South-East Asia region during the COVID-19 pandemic: lessons learned and future directions. *The Lancet Regional Health - Southeast Asia*. 2024 Oct 19;31:100496–6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39498204/>

37. Peel M, Kuchler H. More than 120 countries back treaty to share vaccines in pandemics [Internet]. @FinancialTimes. *Financial Times*; 2025. Disponível em: <https://www.ft.com/content/ada726bd-5b3e-42f9-9db3-753a2ba3b368>.

38. Kamal MA, Kuznik A, Qi L, Więcek W, Hussein M, Hassan HE, et al. Assessing the Combined Public Health Impact of Pharmaceutical Interventions on Pandemic Transmission and Mortality: An Example in SARS CoV-2. *Clinical pharmacology and therapeutics* [Internet]. 2022 Dec;112(6):1224–35. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35984050/>.

39. Katz MA, Cohuet S, Bino S, Olgha Tarkhan-Mouravi, Besfort Kryeziu, Dinagul Otorbaeva, et al. COVID-19 vaccine effectiveness against SARS-CoV-2-confirmed hospitalisation in the eastern part of the WHO European Region (2022–2023): a test-negative case-control study from the EuroSAVE network. *The Lancet Regional Health - Europe*. 2024 Oct 1;101095–5. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39726724/>.

## **5.5 ARTICULAÇÃO DA REDE LABORATORIAL E PERSPECTIVAS PARA FUTURAS EMERGÊNCIAS DE SAÚDE PÚBLICA**

A capacidade de diagnosticar, de forma oportuna, patógenos durante surtos de doenças é fundamental para a saúde pública. Essa função, atribuída ao Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB), composto pelos Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACENs), sob a Coordenação-Geral de Laboratórios de Saúde Pública (CGLAB/SVS/MS), tem como objetivo organizar, de maneira descentralizada, a rede laboratorial voltada ao diagnóstico precoce de variantes virais, como o SARS-CoV-2, além de reforçar estratégias voltadas à ampliação da capacidade de resposta a emergências sanitárias (Brasil, 2024; Brasil, 2021b).

A estruturação do SISLAB é organizada por sub-redes programáticas, de forma hierarquizada e regional, por meio de laboratórios de fronteira, regionais e centrais, descentralizados de acordo com o grau de complexidade diagnóstica e a abrangência territorial (Brasil, 2021b). Essas sub-redes integram-se à vigilância epidemiológica, fortalecendo os princípios doutrinários do Sistema Único de Saúde (SUS) e promovendo a análise oportuna dos eventos de saúde pública (Brasil, 2021b).

Ademais, a resposta oportuna a emergências sanitárias representa um desafio global, especialmente diante da dependência de recursos financeiros e da necessidade de infraestrutura laboratorial adequada (Diarra et al., 2022). No Brasil, a CGLAB é responsável pelo planejamento da aquisição e distribuição de insumos laboratoriais estratégicos, tanto para doenças de notificação compulsória quanto para outros agravos de interesse em saúde pública, atendendo aos 27 LACENs. No contexto da Covid-19, essa coordenação assumiu a responsabilidade pela aquisição e distribuição dos insumos necessários à realização de testes moleculares (Brasil, 2023d).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca a importância do fortalecimento da articulação entre laboratórios nacionais e internacionais para a construção de respostas mais eficazes diante de eventos epidêmicos e pandêmicos (WHO, 2025). Nesse contexto, discute-se a necessidade de financiamento sustentável, articulação entre parcerias público-privadas e a definição clara de funções e responsabilidades atribuídas a cada membro das redes laboratoriais (APHL, 2023).

### **5.5.1 Perspectivas Futuras**

A pandemia da Covid-19 deixou importantes aprendizados em diversos setores da sociedade. Espera-se, a partir disso, que o governo destine recursos financeiros consistentes para o aprimoramento da capacidade instalada dos laboratórios públicos no Brasil, bem como o fortalecimento da cooperação internacional. Segundo revisão de escopo de Inbanathan et al., 2024, uma das principais limitações enfrentadas durante o período pandêmico foi a escassez de recursos, especialmente para a aquisição de suprimentos laboratoriais essenciais.

Adicionalmente, o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), em 2023, promoveu treinamentos voltados à utilização de tecnologias de ponta no enfrentamento da Covid-19, contribuindo para o fortalecimento das redes laboratoriais, o aprimoramento da capacidade de sequenciamento genômico e a geração de informações laboratoriais de alta precisão (CDC, 2023c).

No cenário internacional, discutem-se acordos como o Tratado Internacional de Pandemias, que visa estabelecer mecanismos de resposta coordenada a futuras emergências sanitárias, especialmente diante da crescente pressão provocada por cortes orçamentários e disputas políticas. Essa conjuntura tem sido agravada pela redução da ajuda externa por países de alta renda e a saída dos Estados Unidos da Organização Mundial da Saúde (Financial Times, 2025).

Dessa forma, a articulação da rede laboratorial não deve ser uma resposta pontual e reativa às emergências sanitárias, mas sim uma política estruturada e contínua de longo prazo, sustentada por investimentos em recursos humanos, tecnologias diagnósticas, integração digital e marcos regulatórios sólidos (Brasil, 2021d).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pandemia da Covid-19 revelou, de maneira inequívoca, o papel central dos laboratórios de saúde pública como pilares estruturantes do sistema de vigilância epidemiológica. A análise conduzida destacou que a capacidade de resposta desses laboratórios não apenas se relaciona à ampliação e eficiência na testagem, mas também à integração de processos analíticos com sistemas de informação, permitindo ações tempestivas e direcionadas de controle da disseminação viral. A preparação prévia, a existência de redes laboratoriais consolidadas e o acesso oportuno a insumos e tecnologias se mostraram em alguns momentos frágeis para o enfrentamento da crise sanitária, evidenciando desigualdades regionais e estruturais que impactaram diretamente a eficácia da vigilância epidemiológica e ação laboratorial.

Além disso, os resultados reforçam que a atuação dos laboratórios extrapola a dimensão técnica, assumindo uma função estratégica na mobilização de políticas públicas e na construção de respostas coordenadas entre esferas locais, nacionais e internacionais. Nesse contexto, as lacunas e desafios enfrentados durante a pandemia podem ser transformados em aprendizados, impulsionando investimentos sustentáveis em infraestrutura, capacitação de profissionais e fortalecimento da integração das redes de vigilância em saúde. Assim, a construção de um sistema de saúde mais resiliente e responsivo requer a valorização contínua do papel dos laboratórios de saúde pública, consolidando-os como elementos indispensáveis para a pronta resposta a emergências em saúde e para a segurança sanitária global.

### 6.1 Recomendações

Com base nos resultados dos estudos realizados na presente tese, algumas recomendações descritas no quadro 8, foram pensadas para aprimoramento da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública do Brasil.

**Quadro 8 - Recomendações para aprimoramento da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública do Brasil, 2025.**

<b>Ação</b>	<b>Indicador</b>	<b>Meta</b>
<b>Eixo 1 - Fortalecimento da Rede Laboratorial Estadual</b>		
Investir em infraestrutura laboratorial e recursos humanos especializados	Tempo médio de resposta (TMR) por exame RT-PCR;	≤ 1 dia
	Porcentagem (%) de exames liberados no mesmo dia;	≥80%
<b>Eixo 2 – Integração entre Atenção Primária à Saúde (APS) e Vigilância Laboratorial</b>		
Implantar um plano contínuo de capacitação obrigatória, sobre coleta de amostras para de testes rápidos, EPIs e biossegurança.	Porcentagem (%) dos profissionais da Unidade Básica de Saúde (UBS) com certificado atualizado das capacitações	80% a 100% dos profissionais médicos, enfermeiros, farmacêuticos, nutricionistas, fisioterapeutas, dentistas, assistente social, técnicos de enfermagem e saúde bucal.
Implantar rotas ágil de amostras laboratoriais otimizadas com veículos refrigerados em regime de consórcio regional	Tempo/data da finalização da coleta até a chegada ao LACEN	≤ 1 dia
	Porcentagem (%) de UBS com fluxo de amostras laboratoriais bem definidas e manual de coleta atualizado	≥90%
<b>Eixo 3 – Vigilância Genômica e Inovação</b>		
Criar núcleo de Genômica dentro da vigilância sanitária estadual com base na Rede Nacional de Sequenciamento Genético para Vigilância em Saúde (RNSG) e parceria com Universidade públicas locais.	Nº de amostras sequenciadas por mês e UF	Aumentar em 80% em dois anos.
	Tempo entre a finalização da coleta e publicação da amostra no GISAID	≤30 dias

Legenda: RAS: Rede de Atenção à Saúde; RT-PCR: *Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction*; SUS: Sistema Único de Saúde; TMR: Tempo Médio de Resposta.

UBS: Unidade Básica de Saúde

Fonte: elaboração própria, 2025.

**Quadro 8.** Recomendações para aprimoramento da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública do Brasil, 2025 (Continuação).

<b>Ação</b>	<b>Indicador</b>	<b>Meta</b>
<b>Eixo 4 – Pesquisa Translacional e Inovação Local</b>		
Financiar pequenas pesquisas que em fase T2 - testes clínicos para avaliação de segurança e eficácia por meio de estudos observacionais e experimentais para elaboração de guias e protocolos baseados em evidências; e T3 – avaliação da implementação e disseminação destes guias à prática clínica; em universidade estaduais e federais com foco em produtos aplicados no SUS (Kits diagnósticos, fluxos de amostras laboratoriais e processos em serviço para fortalecimento das plataformas de armazenamento dos dados genômicos)	Nº de projetos com protótipos aplicáveis na Rede de Atenção à Saúde (RAS);	≥10 pesquisas financiadas por ano.
	Nº de artigos publicados com base no financiamento destinado	≥10/ano
Implantar comitê permanente de tradução do conhecimento com representantes da gestão, academia e sociedade civil para acompanhar os projetos de pesquisa translacional e facilitar uso no SUS	Nº de reuniões e decisões incorporadas em políticas	≥4/ano
<b>Eixo 5 – Painel Unificado de Indicadores</b>		
Criar painel digital para gestores e público em geral com dados de testagem, TMR, sequenciamento e capacitações	Atualização com alertas de desvios	Por mês/ano

Legenda: RAS: Rede de Atenção à Saúde; SUS: Sistema Único de Saúde; TMR: Tempo Médio de Resposta.  
Fonte: elaboração própria, 2025.

## REFERÊNCIAS

ADIUM S.A. *Spikevax*® (vacina contra COVID-19): suspensão injetável 0,1 mg/mL. Registro MS nº 1.2214.0131. Aprovado pela Anvisa em 6 mar. 2024. Fabricado por Rovi Pharma Industrial Services S.A. ou Catalent Indiana, LLC. Importado por Adium S.A., Pindamonhangaba – SP.

AHN, Ji Hoon *et al.* Nasal ciliated cells are primary targets for SARS-CoV-2 replication in the early stage of COVID-19. **The Journal of clinical investigation**, v. 131, n. 13, 2021.

ALBUQUERQUE, M. I. N.; CARVALHO, E. M. F.; LIMA, L. P. Vigilância epidemiológica: conceitos e institucionalização. **Revista Brasileira de Saúde Materno-Infantil**, vol. 2, n. 1, p. 7-14, 2002.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). **Anvisa aprova registro da vacina da Fiocruz/AstraZeneca e de medicamento contra o coronavírus**. Brasília: ANVISA, 12 mar. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/anvisa-aprova-registro-da-fiocruz-astrazeneca>. Acesso em: 2 jul. 2025.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). **Instrução Normativa – IN n.º 316, de 18 de setembro de 2024**. Brasília, DF: Anvisa, 2024b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-316-de-18-de-setembro-de-2024-585391926>. Acesso em: 28 out. 2024.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). **Resolução RDC n.º 905, de 18 de setembro de 2024**. Brasília, DF: Anvisa, 2024a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-905-de-18-de-setembro-de-2024-58539085>. Acesso em: 28 nov. 2024.

APHL. Association of Public Health Laboratories. **Strengthening national laboratory coordination: strategic map 2023–2026**. Silver Spring: APHL, 2023. Disponível em: <https://www.aphl.org/aboutAPHL/publications/Documents/APHL-Strengthening-National-Lab-Coordination.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

ARAGÃO, Henrique de Beaurepaire. Notícia histórica sobre a fundação do Instituto Oswaldo Cruz (Instituto de Manguinhos). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 48, p. 1-50, 1950.

ARMSTRONG, Gregory L. *et al.* Pathogen genomics in public health. **New England Journal of Medicine**, v. 381, n. 26, p. 2569-2580, 2019.

BARATA, Rita Barradas. Cem anos de endemias e epidemias. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 5, p. 333-345, 2000.

BARRETO, Ivana Cristina de Holanda Cunha *et al.* Colapso na saúde em Manaus: o fardo de não aderir às medidas não farmacológicas de redução da transmissão da Covid-19. **Saúde em debate**, v. 45, p. 1126-1139, 2021.

BARBIERI, J.; RECALCATI, A. S.; RAMOS, A. R.; SANTOS, A. M.; MAGALHÃES, A. M. M.; RIQUINHO, D. L. Estratégias de enfrentamento da COVID-19 na atenção primária: estudo de método misto. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 9, p. 2613-2623, set. 2023. doi:10.1590/1413-81232023289.16392022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/ZDQTyfjpvRdjXbVW8RbDHsq/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

BENCHIMOL, Jaime Larry. **Dos micróbios aos mosquitos: febre amarela e a revolução pasteuriana no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz / Editora UFRJ, 1999. 498 p. ISBN 85-8567-671-X. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/37575>. Acesso em: 3 jul. 2025.

BENCHIMOL, Jaime. Reforma urbana e Revolta da Vacina na cidade do Rio de Janeiro. In: **O Brasil republicano: o tempo do liberalismo excludente-da proclamação da república à revolução de 1930**. 2003. p. 231-286.

BEUMER, Joep *et al.* A CRISPR/Cas9 genetically engineered organoid biobank reveals essential host factors for coronaviruses. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 5498, 2021.

BLANC, Dominique S. The use of molecular typing for epidemiological surveillance and investigation of endemic nosocomial infections. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 4, n. 3, p. 193-197, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. “Normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais.” Conselho Nacional de Saúde, Brasília, pp. 44–46, 2016. [Online]. Disponível em: [https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resoluo\\_n\\_510\\_-\\_2016\\_-\\_Cincias\\_Humanas\\_e\\_Sociais.pdf](https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resoluo_n_510_-_2016_-_Cincias_Humanas_e_Sociais.pdf). Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS). Vigilância em Saúde. Brasília: CONASS, 2007. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colec\\_progestores\\_livro6b.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colec_progestores_livro6b.pdf). Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Constituição (1988). Título VIII. Da ordem social. Seção II - Da saúde, Art. 196 a 200. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. p. 133-134. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Decreto Legislativo n. 3.987, de 2 de janeiro de 1920. Reorganiza os serviços da saúde pública. **Coleção das leis da República dos Estados Unidos do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-6, 1920.

BRASIL. Decreto nº 78.321, de 12 de agosto de 1976. Regulamenta a Lei 6.259, de 30 de outubro de 1975. *DOU* (Diário Oficial da União), 13 de agosto de 1976; 155. Seção 1. (Pt 1): 10731-3. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/d78231.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d78231.htm). Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Lei, nº. 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre a organização e funcionamento dos serviços de saúde no Brasil. Brasília, 1990a. Disponível em: [https://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw\\_Identificacao/lei%208.080-1990?OpenDocument](https://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%208.080-1990?OpenDocument) Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Portaria n.º 1.010 de 11 de março de 2020. Institui, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o Comitê de Especialistas Rede Vírus - MCTIC e nomeia seus membros. Brasília, DF: MCTIC, 2020f. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.010-de-11-de-marco-de-2020-247883359>. Acesso em: 5 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Centro de Documentação. **Relatório final da VIII Conferência Nacional de Saúde**: 1986 mar. 17-21; Brasília, DF, Brasil. Brasília, DF: Centro de Documentação do Ministério da Saúde, 1987. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/8\\_conferencia\\_nacional\\_saude\\_relatorio\\_final.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/8_conferencia_nacional_saude_relatorio_final.pdf). Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Reestruturação do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública (SISLAB)**. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde, 1993. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/reestruturacao\\_sislab.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/reestruturacao_sislab.pdf). Acesso em: 17 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 188, de 3 de fevereiro de 2020. Declara Emergência em Saúde Pública de importância Nacional (ESPIN) em decorrência da Infecção Humana pelo novo Coronavírus (2019-nCoV). Brasília, DF: MS, 2020a. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2020/prt0188\\_04\\_02\\_2020.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2020/prt0188_04_02_2020.html). Acesso em: 31 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 1.102, de 13 de maio de 2022. Altera a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças. Brasília, DF: MS, 2022a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-1.102-de-13-de-maio-de-2022-400069218>. Acesso em: 30 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 454/2020, de 20 de março de 2020. Declara, em todo o território nacional, o estado de transmissão comunitária do coronavírus (covid-19). Brasília, DF: MS, 2020c. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/portaria/prt454-20-ms.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/portaria/prt454-20-ms.htm). Acesso em: 31 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Máscaras caseiras podem ajudar na prevenção contra o coronavírus** [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2020e. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46645-mascaras-caseiras-podem-ajudar-na-prevencao-contr-o-coronavirus>. Acesso em: 8 jan. 2025

BRASIL. Ministério da Saúde. Nota Técnica n.º 20/2020 – SAPS/GAB/MS. Notificação imediata de casos de Síndrome Gripal via plataforma do eSUS VE e Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) hospitalizado no SIVEP-Gripe. Brasília, DF: MS, 2020d. Disponível em: [egestorab.saude.gov.br/image/?file=20200429\\_N\\_NotaTecnica20NotificacaoImediataCasoSdeSindromeGripalviaplataformadoeSUSVEeSindromeRespiratoriaAgudaGrave\(...\\_8233595274282640358.pdf](https://egestorab.saude.gov.br/image/?file=20200429_N_NotaTecnica20NotificacaoImediataCasoSdeSindromeGripalviaplataformadoeSUSVEeSindromeRespiratoriaAgudaGrave(..._8233595274282640358.pdf). Acesso em: 12 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Ministerial nº 1.331, de 5 de novembro de 1990. Transfere as atividades da Secretaria Nacional de Ações Básicas de Saúde para a Fundação Nacional de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 nov. 1990b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 1.100, de 24 de maio de 1996. Referente às doenças de notificação compulsória. Diário Oficial da União (DOU), Brasília, DF, 27 maio 1996. Seção 1, p. 9133.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 6.734, de 31 de março de 2025. Dispõe sobre a execução e o financiamento das ações da vacinação contra a Covid-19 no âmbito do Programa Nacional de Imunizações (PNI), no exercício de 2025b. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1 abr. 2025. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2025/prt6734\\_31\\_03\\_2025.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2025/prt6734_31_03_2025.html). Acesso em: 2 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Guia de vigilância integrada da covid-19, influenza e outros vírus respiratórios de importância em saúde pública** [recurso eletrônico]. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. 146 p.: il. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_vigilancia\\_integrada\\_covid19\\_Influenza.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_integrada_covid19_Influenza.pdf). Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Imunização e Doenças Imunopreveníveis. **Guia de vigilância genômica do SARS-CoV-2: uma abordagem epidemiológica e laboratorial** [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, Departamento de Imunização e Doenças Imunopreveníveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2023a. 47 p.: il. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_vigilancia\\_genomica\\_sarscov2.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_genomica_sarscov2.pdf). Acesso em: 16 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Nota Técnica n.º 13/2023 – CGVDI/DPNI/SVSA/MS**: orientações sobre a estratégia e operacionalização da coleta de amostras de aspirado de nasofaringe (ANF) ou swab combinado (nasal/oral) para diagnóstico laboratorial dos vírus respiratórios, no contexto da vigilância sentinela de Síndrome Gripal (SG) e da vigilância de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG). Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/coronavirus/notas-tecnicas/2023/nota-tecnica-no-13-2023-cgvdi-dimu-svsa-ms/view>. Acesso em: 31 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico: COE-nCoV**, Brasília, DF: MS, n. 14 – SE 18, 26 abr. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/covid-19/2020/boletimepidemiologico-no-14-boletim-coe-coronavirus/view>. Acesso em: 31 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **COVID-19 Painel Coronavírus**. Brasília: Ministério da Saúde; 2025a. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Guia para a Rede Laboratorial de Vigilância de Influenza no Brasil** [recurso eletrônico]. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. 64 p. : il. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_laboratorial\\_influenza\\_vigilancia\\_influenza\\_brasil.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_laboratorial_influenza_vigilancia_influenza_brasil.pdf). Acesso em: 26 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Articulação Estratégica de Vigilância em Saúde. **Guia para diagnóstico laboratorial em saúde pública: orientações para o sistema nacional de laboratórios de saúde pública** [recurso eletrônico]. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021a. 363 p. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_laboratorial\\_sistema\\_nacional.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_laboratorial_sistema_nacional.pdf). Acesso em: 27 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Nota Técnica nº 1129/2021 – SVS/MS. Brasília: MS, 2021b. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/notas-tecnicas/sei\\_ms-0022658813-nota-tecnica-1.pdf/view](https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/notas-tecnicas/sei_ms-0022658813-nota-tecnica-1.pdf/view)

BRASIL. Ministério da Saúde. *Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a Covid-19*. Brasília: Ministério da Saúde, 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/media/pdf/2021/janeiro/16/plano-nacional-de-operacionalizacao-da-vacinacao-contra-a-covid-19>. Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Rede Nacional de Vigilância, Alerta e Resposta às Emergências em Saúde Pública no Âmbito do SUS – Rede VigiAR-SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2021d. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia/rede-vigiar-sus.pdf>

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de Vigilância Epidemiológica: Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional pela Doença pelo Coronavírus - Covid-19 (versão 4)**. Publicado em 20 de janeiro de 2022c. Brasília, DF: MS, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/guia-de-vigilancia-epidemiologica-covid-19/view>. Acesso em: 30 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia para uso do antiviral nirmatrelvir/ritonavir em pacientes com covid-19, não hospitalizados e de alto risco: Sistema Único de Saúde** [recurso eletrônico]. Brasília: Ministério da Saúde, 2022d. 35 p.: il. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_nirmatrelvir\\_ritonavir\\_covid19\\_altorisco.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_nirmatrelvir_ritonavir_covid19_altorisco.pdf). Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de vigilância epidemiológica: emergência de saúde pública de importância nacional pela doença pelo coronavírus 2019 – COVID-19 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde.** – Brasília: Ministério da Saúde, 2022e. 131 p.: il. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/covid-19/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/guia-de-vigilancia-epidemiologica-covid-19/view>. Acesso em: 16 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Nota Técnica n.º 14/2022 - CGGRIPE/DEIDT/SVS/MS. Atualização da Nota Técnica n.º 10/2022 - CGGRIPE/DEIDT/SVS/MS, que trata sobre atualizações das recomendações e orientações

sobre a covid-19 no âmbito da vigilância epidemiológica. Brasília, DF: MS, 2022b. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/notas-tecnicas/2022/sei\\_ms-0030035449-nt-14-cggripe-atualizacoes-ve-covid-19.pdf/view](https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/notas-tecnicas/2022/sei_ms-0030035449-nt-14-cggripe-atualizacoes-ve-covid-19.pdf/view). Acesso em: 31 jan. 2024

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Portaria N° 2031, de 23 de setembro de 2004. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública. Diário Oficial da União, Brasília, p. 79, 24 set. 2004. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Nota Técnica n.º 57/2023 – DGIP/SE/MS. Atualizações acerca das condições pós-covid. Brasília, DF: MS, 2023c. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/nota\\_tecnica\\_n57\\_atualizacoes\\_condicoes\\_poscovid.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/nota_tecnica_n57_atualizacoes_condicoes_poscovid.pdf). Acesso em: 31 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano de enfrentamento das ações de vigilância em saúde da COVID-19 no período pós-emergência em saúde pública nacional e internacional.** Brasília: Ministério da Saúde, 2023d. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_enfrentamento\\_acoes\\_vigilancia\\_covid.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_enfrentamento_acoes_vigilancia_covid.pdf). Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Resolução nº 588, de 12 de julho de 2018. Dispõe sobre a organização e o funcionamento dos serviços de saúde no Brasil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 jul. 2018. Disponível: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/36469447/do1-2018-08-13-resolucao-n-588-de-12-de-julho-de-2018-36469431](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/36469447/do1-2018-08-13-resolucao-n-588-de-12-de-julho-de-2018-36469431). Acesso em: 31 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento do Programa Nacional de Imunizações. Estratégia de vacinação contra a Covid-19 [recurso eletrônico]. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. 46 p.: il. Disponível em: <https://goias.gov.br/saude/wp-content/uploads/sites/34/imunizacao/profissional/normatizacao/hpv/estrategia-de-vacinacao-contra-a-covid-19-2024-2a-edicao%2019%20dez.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Science Brief: Community Use of Masks to Control the Spread of SARS-CoV-2.** Atlanta, USA: CDC, 6 Dec. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570440/>. Acesso em: 30 set. 2024.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Clinical Presentation.** Atlanta, USA: CDC, updated 29 Dec. 2023a. Disponível em: <https://www.cdc.gov/covid/hcp/clinical-care/covid19-presentation.html>. Acesso em: 03 jan. 2025.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **COVID-19 Testing: What You Need to Know.** Atlanta, USA: CDC, 2023b. Disponível em: <https://www.cdc.gov/covid/testing/>. Acesso em: 30 set. 2024.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Cutting-edge laboratory technologies and processes prepare countries for public health emergencies.** Centers for Disease Control and Prevention, 2023c. Disponível em: <https://www.cdc.gov/global-health-protection/php/stories-from-the-field/cutting-edge-laboratory-technologies-and-processes-prepare-countries-for-public-health-emergencies.html>

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Long COVID Basics.** Atlanta, GA: CDC, 2024c. Disponível em: <https://www.cdc.gov/covid/long-term-effects/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Symptoms of COVID-19**. Atlanta, USA: CDC, updated 15 Mar. 2024a. Disponível em: <https://www.cdc.gov/covid/signs-symptoms/>. Acesso em: 30 nov. 2024.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention **Interim Guidelines for Clinical Specimens for COVID-19**. [S. l.]: CDC, 2024b. Disponível em: <https://www.cdc.gov/covid/hcp/clinical-care/clinical-specimen-guidelines.html>. Acesso em: 2 jul. 2025.

CHEN, Nanshan *et al.* Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. **The lancet**, v. 395, n. 10223, p. 507-513, 2020.

CHEN, Yu; LIU, Qianyun; GUO, Deyin. Emerging coronaviruses: genome structure, replication, and pathogenesis. **Journal of medical virology**, v. 92, n. 4, p. 418-423, 2020.

CONWAY, R. A. Introduction to environmental risk analysis. In: CONWAY, R. A. **Environmental risk analysis for chemicals**. Nova York: Van Nostrand Reinhold Company, 1982.

CORMAN, Victor M. *et al.* Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. **Eurosurveillance**, v. 25, n. 3, p. 2000045, 2020.

COSTA, N. R. **Lutas urbanas e controle sanitário: origens das políticas de saúde no Brasil**. 2. ed. Petrópolis: Vozes; 1986.

DAVIS, Jonathan R.; LEDERBERG, Joshua; INSTITUTE OF MEDICINE STAFF. **Public health systems and emerging infections: Assessing the capabilities of the public and private sectors**. National Academies Press, 2000.

DIARRA, Bassirou *et al.* A coordinated public health laboratory response to COVID-19 in Mali. **Frontiers in tropical diseases**, v. 2, p. 788616, 2022.

DE PAULA. A Organização dos Laboratórios Estaduais de Saúde Pública do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 10, p. 345-53, 1976.

EYLER, John M. William Farr on the cholera: the sanitarian's disease theory and the statistician's method. **Journal of the History of Medicine and Allied Sciences**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 79–100, 1973. DOI: <https://doi.org/10.1093/jhmas/xxviii.2.79>. Acesso em: 2 jul. 2025.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **A Rede Genômica de Vigilância de Vírus Respiratórios**. São Paulo: Rede Genômica Fiocruz, 2025. Disponível em: <https://www.genomahcov.fiocruz.br/a-rede/>. Acesso em: 16 jan. 2025.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **História institucional**. Rio de Janeiro: Fiocruz, [s.d.]. Disponível em: <https://fiocruz.br/historia>. Acesso em: 3 jul. 2025.

FINANCIAL TIMES. **Countries back new WHO pandemic treaty on pathogen sharing**. 2025. Disponível em: <https://www.ft.com/content/ada726bd-5b3e-42f9-9db3-753a2ba3b368>

FOSSAERT, H.; LLOPIS, A.; TIGRE, C. H. Sistemas de vigilância epidemiológica. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana**, v. LXXVI, n. 6, p. 512-524, 1974.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza; PINTO, Uelinton Manoel. Alimentos, Sars-CoV-2 e Covid-19: contato possível, transmissão improvável. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 189-202, 2020.

FNS. Fundação Nacional de Saúde (Brasil). **Reestruturação do Sistema Nacional de Laboratórios de Saúde Pública**. Brasília, DF: Funasa, 2001. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/reestruturacao\\_sislab.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/reestruturacao_sislab.pdf). Acesso em: 27 dez. 2024.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Centro Nacional de Epidemiologia (CENEPI). Anais do I Seminário Nacional de Vigilância Epidemiológica; 1992 dez. 1-4; Brasília, DF, Brasil. Brasília, DF: FUNASA; 1993. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-160415>. Acesso em: 03 set. 2024.

GALMICHE, Simon *et al.* SARS-CoV-2 incubation period across variants of concern, individual factors, and circumstances of infection in France: a case series analysis from the ComCor study. **The Lancet Microbe**, v. 4, n. 6, p. e409-e417, 2023.

GARCIA, Leila Posenato. Uso de máscara facial para limitar a transmissão da COVID-19. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, n. 2, p. e2020023, 2020.

GISAID. Global Initiative on Sharing All Influenza Data. **About us: History**. Munique: GISAID, 2022. Disponível em: <https://www.gisaid.org/about-us/history/>. Acesso em: 24 out. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Paraná vai ampliar em 830 % capacidade de testes diários da Covid-19**. Agência Estadual de Notícias (AEN), Curitiba, 30 abr. 2020. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Parana-vai-ampliar-em-830-capacidade-de-testes-diaros-da-Covid-19>. Acesso em: 1 jul. 2025.

GORBALENYA, Alexander *et al.* The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. **Nature microbiology**, v. 5, n. 4, p. 536-544, 2020.

GUAN, Wei-jie *et al.* Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. **New England journal of medicine**, v. 382, n. 18, p. 1708-1720, 2020.

HOFFMANN, Markus *et al.* SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. **Cell**, v. 181, n. 2, p. 271-280. e8, 2020.

HOUVÈSSOU, Gbènkpon Mathias; SOUZA, Tatiana Porto de; SILVEIRA, Mariângela Freitas da. Medidas de contenção de tipo lockdown para prevenção e controle da COVID-19: estudo ecológico descritivo, com dados da África do Sul, Alemanha, Brasil, Espanha, Estados Unidos, Itália e Nova Zelândia, fevereiro a agosto de 2020. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 30, p. e2020513, 2021.

HUANG, Jessie *et al.* SARS-CoV-2 infection of pluripotent stem cell-derived human lung alveolar type 2 cells elicits a rapid epithelial-intrinsic inflammatory response. **Cell Stem Cell**, v. 27, n. 6, p. 962-973. e7, 2020.

HULSWIT, R. J. G.; DE HAAN, C. A. M.; BOSCH, B.-J. Coronavirus spike protein and tropism changes. **Advances in virus research**, v. 96, p. 29-57, 2016.

INBANATHAN, Francis Y. et al. Assessment of public health laboratory preparedness and response in WHO South-East Asia region during the COVID-19 pandemic: lessons learned and future directions. *The Lancet Regional Health-Southeast Asia*, v. 31, 2024.

IMPrensa NACIONAL. Regulamento Interno da Secretária de Vigilância em Saúde (SVS). Diário Oficial da União, 09 de junho de 2017. p. 79. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=79&data=09/06/2017>. Acesso em: 28 nov. de 2024.

IM. Institute of Medicine. Committee for the Study of the Future of Public Health. **The future of public health**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1988. Cap. 3: A history of the public health system. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218224/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

JESUS, Ronaldo de *et al.* Sistema Gerenciador de Ambiente Laboratorial: relato de experiência de uma ferramenta transformadora para a gestão laboratorial e vigilância em saúde. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 525-529, set. 2013.

JORGE, José Carlos. **Contribuição ao estudo para a reorganização da rede de laboratórios de saúde pública do Estado de Santa Catarina**. 1976. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

JUNIOR, Rodolpho Telarolli. **Poder e saúde: as epidemias e a formação dos serviços de saúde em São Paulo**. Unesp, 1996.

KARAMITROS, Timokratis et al. SARS-CoV-2 exhibits intra-host genomic plasticity and low-frequency polymorphic quasispecies. **Journal of Clinical Virology**, v. 131, p. 104585, 2020.

KELLNER, Max J. et al. A rapid, highly sensitive and open-access SARS-CoV-2 detection assay for laboratory and home testing. **Frontiers in Molecular Biosciences**, Lausanne, v. 9, p. 801309, 1 abr. 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/molecular-biosciences/articles/10.3389/fmolb.2022.801309/full>. Acesso em: 2 jul. 2025.

KUHLEN, Maria; WITTMAYER, Max; KLEIN, Daniel; KRAMER, Benedikt; RIEDEL, Nadja; BRANDT, Till et al. Neurological post-COVID syndrome is associated with substantial cognitive impairment: a neuropsychological study. *Scientific Reports*, [S.l.], v. 15, n. 1, 2025. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-85919-x>. Acesso em: 3 jul. 2025.

LAMERS, Mart M.; HAAGMANS, Bart L. SARS-CoV-2 pathogenesis. **Nature reviews microbiology**, v. 20, n. 5, p. 270-284, 2022.

LANGMUIR, A. D. Evolution of the concept of surveillance in the United States. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, v. 64, p. 681-684, 1971.

LANGMUIR, Alexander D. William Farr: Founder of Modern Concepts of Surveillance. **International Journal of Epidemiology**, v. 5, n. 1, p. 13-18, 1976.

LI, Qun *et al.* Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia. **New England journal of medicine**, v. 382, n. 13, p. 1199-1207, 2020a.

LI, Xiaojun *et al.* Emergence of SARS-CoV-2 through recombination and strong purifying selection. **Science advances**, v. 6, n. 27, p. eabb9153, 2020b.

LILIENFELD, D. E.; STOLLEY, P. D. **Foundations of epidemiology**. 3. ed. New York: Oxford University Press, 1994.

MASCARENHAS, Rodolfo dos Santos. Contribuição para o estudo da administração sanitária em São Paulo. **São Paulo**, 1949.

MEMORIAS DO INSTITUTO BUTANTAN. Secretária de estado da saúde. São Paulo, Brasil, 1-44/45; 1980/81. Disponível em: <https://bibliotecadigital.butantan.gov.br/arquivos/98/98.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2025.

MENDES, E. V. A construção da vigilância à saúde no Distrito Sanitário. In: MENDES, E. V. . (Org.). A vigilância à saúde no distrito sanitário. Série Desenvolvimento de Serviços de Saúde, Brasília, n.10, p. 7-19, Brasília: OPAS, 1993.

MICHELON, Cleonice Maria. Principais variantes do SARS-CoV-2 notificadas no Brasil. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 53, n. 2, p. 109-116, 2021. Disponível em: [https://www.rbac.org.br/wp-content/uploads/2021/10/RBAC-vol-53-2-2021\\_artigo01.pdf](https://www.rbac.org.br/wp-content/uploads/2021/10/RBAC-vol-53-2-2021_artigo01.pdf). Acesso em: 16 jan. 2025.

MILLAR, Beverley Cherie; XU, Jiru; MOORE, John Edmund. Molecular diagnostics of medically important bacterial infections. **Current issues in molecular biology**, v. 9, n. 1, p. 21-40, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR). Departamento de Informática do SUS-DATASUS. **A Solução** [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2008. Disponível em: <http://gal.datasus.gov.br/GAL/index.php?area=01>. Acesso em: 27 dez. 2024.

MOURA, Erly Catarina *et al.* Síndrome Inflamatória Multissistêmica e Covid-19 em crianças e adolescentes: aspectos epidemiológicos, Brasil, 2020-2021. **Saúde em Debate**, [S. l.], v. 46, n. 134 jul-set, p. 682–692, 2023. Disponível em: <https://www.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/7008>. Acesso em: 13 jan. 2025.

OGANDO, Natacha S. et al. SARS-coronavirus-2 replication in Vero E6 cells: replication kinetics, rapid adaptation and cytopathology. **Journal of General Virology**, v. 101, n. 9, p. 925-940, 2020.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. **Manual de biossegurança laboratorial**. 4. ed. Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 2021b. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54521>. Acesso em: 27 dez. 2024.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. **OMS anuncia nomenclaturas simples e fáceis de pronunciar para variantes de interesse e preocupação da COVID-19**. Genebra:OPAS, 2021a. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/1-6-2021-oms-anuncia-nomenclaturas-simples-e-faceis-pronunciar-para-variantes-interesse-e>. Acesso em: 15 jan. 2025.

ONG, I. Z.; KOLSON, D. L.; SCHINDLER, M. K. Mechanisms, effects, and management of neurological complications of post-acute sequelae of COVID-19 (NC-PASC). **Biomedicines**, Basel, v. 11, n. 2, p. 377, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9059/11/2/377>. Acesso em: 3 jul. 2025.

PAIM, J. S.; TEIXEIRA, M. G. L. C. Reorganização do sistema de vigilância epidemiológica na perspectiva do Sistema Único de Saúde. Informe epidemiológico do SUS, v. I, n. 5, p. 25-57, 1972.

PAULA JÚNIOR, Francisco José de *et al.* Sistema Gerenciador de Ambiente Laboratorial-GAL: avaliação de uma ferramenta para a vigilância sentinela de síndrome gripal, Brasil, 2011-2012. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, p. 339-348, 2017.

PEREIRA, Felicidade Mota *et al.* Experiência do laboratório central de Saúde Pública da Bahia no enfrentamento da pandemia da Covid-19. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 45, n. especial 1, p. 187-203, 2021.

POLACK, Fernando P. *et al.* Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *The New England Journal of Medicine*, Boston, v. 383, n. 27, p. 2603–2615, 2020. DOI: 10.1056/NEJMoa2034577. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33301246/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

PFIZER. Comirnaty® Bivalente BA.1. [vacina COVID-19 bivalente (Original + Omicron B.1.1.529)]. Aprovado para uso emergencial pela Anvisa em 28 fev. 2023. Registro MS n.º 1.2214.0131.

RADER B *et al.* Crowding and the shape of COVID-19 epidemics. **Nature medicine**, v. 26, n. 12, p. 1829-1834, 2020.

RASKA, Karel; WORLD HEALTH ORGANIZATION. National and international surveillance of communicable diseases. WHO Chronicle, 1966, v. 20, p. 359-365. World Health Organization. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/74659>. Acesso em: 03 de setembro de 2024.

REDE GENÔMICA FIOCRUZ. Linhagens são definidas como entidades/organismos que compartilham um ancestral comum e apresentam mutações similares. São Paulo: Rede Genômica Fiocruz, 2022. Disponível em: <http://www.genomahcov.fiocruz.br/linhagens/>. Acesso em: 24 out. 2023.

REDONDO, Natalia *et al.* SARS-CoV-2 accessory proteins in viral pathogenesis: knowns and unknowns. **Frontiers in immunology**, v. 12, p. 708264, 2021.

REINHARDT, Érica Lui. Transmissão da COVID-19: um breve reexame das vias de transmissão por gotículas e aerossóis. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 47, p. ecov3, 2022.

REINOSO, Gabriela Patricia Guijarro *et al.* Epidemiological Surveillance Innovative Applications for Community and Public Health: A Systematic Review. **International Journal of Medical Science and Clinical Research Studies**, v. 4, n. 03, p. 546-555, 2024.

SALAHUDEEN, Ameen A. *et al.* Progenitor identification and SARS-CoV-2 infection in human distal lung organoids. **Nature**, v. 588, n. 7839, p. 670-675, 2020.

SAMPAIO, Natalia G. *et al.* The RNA sensor MDA5 detects SARS-CoV-2 infection. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 13638, 2021.

SANTOS, Ana Rosa dos. A rede laboratorial de Saúde Pública e o SUS. **Informe epidemiológico do SUS**, v. 6, n. 2, p. 7-14, 1997.

SÃO PAULO. Lei Ordinária nº 345, de 1895. Autoriza o governo a criar um instituto para o tratamento da difteria pelo processo de Roux. São Paulo, 1895. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/sp/lei-ordinaria-n-345-1895-sao-paulo-autoriza-o-governo-a-criar-um-e-um-instituto-para-o-tratamento-da-diphtheria-pelo-processo-de-roux>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SCHOEMAN, Dewald; FIELDING, Burtram C. Coronavirus envelope protein: current knowledge. **Virology journal**, v. 16, p. 1-22, 2019.

SIMAS, Christina Maria; DE OLIVEIRA CARDOSO, Telma Abdala. Biossegurança e arquitetura em laboratórios de saúde pública. **PosFAUUSP**, n. 24, p. 108-124, 2008.

SINTCHENKO, Vitali; HOLMES, Edward C. The role of pathogen genomics in assessing disease transmission. **Bmj**, v. 350, 2015.

SILVA JÚNIOR, G. F. *et al.* Desafios e propostas para ampliação da testagem e diagnóstico para COVID-19 no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 9, p. 3377-3390, set. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/HdGWGh93bVjLYqw9z5p3zQz/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

TARTARINI, Giovanna; MATTUZZI, Silvia; BELLINI, Tommaso; MONTESI, Daniele; GALLUZZI, Samanta; POLONARA, Gabriele. Neurological sequelae of long COVID: a comprehensive review of the current literature. **Frontiers in Neurology**, Lausanne, v. 15, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2024.1465787/full>. Acesso em: 3 jul. 2025.

TEIXEIRA, C. F.; PAIM, J. S.; VILASBÔAS, A. L. SUS, modelos assistenciais e vigilância da saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. VII, n. 2, p. 7-34, 1998.

TEIXEIRA, Luiz Antonio. Comentário: Rodolfo Mascarenhas e a história da saúde pública em São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 1, p. 17-19, 2006.

- TEIXEIRA, Luiz Antonio. O Instituto Pasteur de São Paulo: uma contribuição a história das instituições biomédicas no Brasil. **Physis: revista de saúde coletiva**, v. 3, p. 147-180, 1993.
- TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N.; DIAS, J. P.; SILVA JÚNIOR, J. B. Vigilância e monitoramento de eventos epidemiológicos. In: ALMEIDA FILHO, N.; BARRETO, M. L. (Org.). **Epidemiologia & saúde: fundamentos, métodos, aplicações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 643–658.
- THACKER, S. B.; BERKELMAN, R. L. Public health surveillance in the United States. **Epidemiologic Reviews**, v. 10, p. 165-190, 1988.
- TORRES, Raquel. Saúde em 1800: mesmo sem formação oficial, terapeutas não-acadêmicos se inseriram nas práticas médicas da época e tinham grande prestígio junto à população. **Rev. POLI**, p. 10-11, 2008.
- UGÁ, Maria Alicia *et al.* Descentralização e alocação de recursos no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 417-437, 2003.
- UK. United Kingdom. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency. *UK medicines regulator gives approval for first UK COVID-19 vaccine*. London: GOV.UK, 2020. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/uk-medicines-regulator-gives-approval-for-first-uk-covid-19-vaccine>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- V'KOVSKI, Philip *et al.* Coronavirus biology and replication: implications for SARS-CoV-2. **Nature Reviews Microbiology**, v. 19, n. 3, p. 155-170, 2021.
- VAN BELKUM, Alex *et al.* Role of genomic typing in taxonomy, evolutionary genetics, and microbial epidemiology. **Clinical microbiology reviews**, v. 14, n. 3, p. 547-560, 2001.
- WALDEMAN, Eliseu Alves. **Vigilância em Saúde**. 7. ed. São Paulo: Escola de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1998. (Série Saúde & Cidadania).
- WALDEMAN, E. A. Vigilância como prática de saúde pública. In: CAMPOS, G. W. S.; MINAYO, M. C. S.; AKERMAN, M.; DRUMMOND Jr., M.; CARVALHO, Y. M. (Org.). **Tratado de saúde coletiva**. São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. p. 487–528.
- WALDEMAN, Eliseu Alves. **Vigilância epidemiológica como prática de saúde pública**. 1991. Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. doi:10.11606/T.6.2016.tde-25072016-175116. Acesso em: 02 set. 2024.
- WANG, Chen *et al.* A novel coronavirus outbreak of global health concern. **The lancet**, v. 395, n. 10223, p. 470-473, 2020.
- WHO. World Health Organization. **Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020a**. Disponível em: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Acesso em: 02 set. 2024.

WHO. World Health Organization. **Clinical management of COVID-19**: Living guideline. Geneva: WHO, updated 18 Aug. 2023a. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-clinical-2023.2>. Acesso em: 30 nov. 2024.

WHO. World Health Organization. **Coronavirus disease (COVID-19)**. 2025b Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>. Acesso em: 8 jan. 2025.

WHO. World Health Organization. **Coronavirus disease 2019 (COVID-19)**: Situation Report – 97: 2020b. Disponível em: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200426-sitrep-97-covid-19.pdf?sfvrsn=d1c3e800\\_6](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200426-sitrep-97-covid-19.pdf?sfvrsn=d1c3e800_6). Acesso em: 27 abr. 2024.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **COVID-19 Dashboard: Data**. Disponível em: <https://data.who.int/dashboards/covid19/data?n=c>. Acesso em: 8 jan. 2025a.

WHO. World Health Organization. **Global technical consultation report on proposed terminology for pathogens that transmit through the air**. Geneva: WHO, 2024. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/emergencies/global-technical-consultation-report-on-proposed-terminology-for-pathogens-that-transmit-through-the-air.pdf?sfvrsn=de07eb5f\\_1&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/emergencies/global-technical-consultation-report-on-proposed-terminology-for-pathogens-that-transmit-through-the-air.pdf?sfvrsn=de07eb5f_1&download=true). Acesso em: 13 jan. 2025.

WHO. World Health Organization. **Roadmap to improve and ensure good ventilation in the context of covid-19**. Geneva: WHO, 1 Mar. 2021b. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021280>. Acesso em: 30 nov. 2024.

WHO. World Health Organization. **Weekly epidemiological update on COVID-19 - 13 July 2021**. Genebra: WHO, 2021a. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---13-july-2021>. Acesso em: 16 jan. 2025.

WHO. World Health Organization. **WHO policy brief: COVID-19 testing**. Geneva: WHO, 14 Sep. 2022. Disponível em: [https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Policy\\_BriefTesting-2022.1](https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Policy_BriefTesting-2022.1). Acesso em: 10 ago. 2023.

WHO. World Health Organization. **Coronavirus disease (covid-19): how is it transmitted?** Geneva: WHO, 23 Dec. 2021c. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>. Acesso em: 30 nov. 2024.

WHO. World Health Organization. **Naming the coronavirus disease (COVID-19) and the virus that causes it**. Geneva: WHO, 2020c. Disponível em: [https://www.who.int/emergencies/diseases/novelcoronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-thevirus-that-causes-it](https://www.who.int/emergencies/diseases/novelcoronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-thevirus-that-causes-it). Acesso em: 10 set. 2024.

WHO. World Health Organization. **Therapeutics and COVID-19**. Living Guideline – 10 nov 2023. Geneva: WHO, 2023b. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoVtherapeutics-2023.2>. Acesso em: 25 out. 2024.

WHO. World Health Organization. **Strengthening public health laboratory services**. Geneva: WHO, 2025. Disponível em: <https://www.who.int/activities/strengthening-public-health-laboratory-services>. Acesso em: 24 maio 2025.

XAVIER, Analucia R. *et al.* COVID-19: manifestações clínicas e laboratoriais na infecção pelo novo coronavírus. **Jornal brasileiro de patologia e medicina laboratorial**, v. 56, p. e3232020, 2020.

YI, Ye *et al.* COVID-19: what has been learned and to be learned about the novel coronavirus disease. **International journal of biological sciences**, v. 16, n. 10, p. 1753, 2020.

ZALIKA FARMACÊUTICA LTDA. Vacina COVID-19 (recombinante). [bula profissional]. Produzido por: Serum Institute of India Pvt. Ltd., Pune – Índia. Contagem: Zalika Farmacêutica Ltda, 2024

ZHOU, Peng *et al.* A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. **nature**, v. 579, n. 7798, p. 270-273, 2020.

ZHU, Na *et al.* A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. **New England journal of medicine**, v. 382, n. 8, p. 727-733, 2020a

ZHU, Na, ZHANG D, WANG W, XINGWANG L, YANG B, SONG J, ZHAO X, HUANG B, SHI W, LU R, NIU P, Zhan F, MA X, WANG D, XU W, WU G, GAO GF, TAN W. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. **New England journal of medicine**, v. 382, n. 8, p. 727-733, 2020b.

## Testes diagnósticos nacionais: insumos essenciais para a vigilância sindrômica da Covid-19

### *Brazilian diagnostic tests: essential health supplies for COVID-19 syndromic surveillance*

Fabrício Vieira Cavalcante<sup>1</sup>, Aimê Oliveira<sup>1</sup>, Sidclei Queiroga de Araujo<sup>1</sup>, Christina Pacheco<sup>2</sup>, Ruth da Conceição Costa e Silva Sacco<sup>1</sup>

DOI: 10.1590/0103-1104202213405

**RESUMO** Existe ampla evidência que a contenção da pandemia de Covid-19 requer vigilância sindrômica e isolamento de casos suspeitos/confirmados. É essencial a disponibilidade de testes diagnósticos no Sistema Único de Saúde, que poderia ser facilitada pela soberania nacional no desenvolvimento e produção, considerando-se a alta demanda/escassez no mercado internacional. Este estudo identificou as etapas da pesquisa translacional de testes diagnósticos para Covid-19 no Brasil, verificando sua distribuição geográfica, entre outros indicadores. Estudo transversal, exploratório, partindo de banco público com 789 projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em Covid-19, complementado com outras buscas, inclusive no CVLattes dos pesquisadores. No banco, havia 89 projetos de testes diagnósticos. Em 45 casos, foi possível obter informações complementares para classificá-los conforme as etapas da pesquisa translacional. Identificaram-se 15 inovações que atingiram o estágio T3, ou seja, tiveram seus produtos incorporados em protocolos clínicos na atenção à saúde, mesmo considerando-se as profundas restrições orçamentárias em PD&I. O Brasil possui potencial de desenvolvimento e implementação de produtos tecnológicos na área de testes de diagnóstico para Sars-CoV-2. Políticas públicas de PD&I em saúde necessitam ser priorizadas para ampliação de cooperações nacionais e internacionais, a fim de promover efetiva autonomia nacional na vigilância sindrômica e à saúde da população.

**PALAVRAS-CHAVE** Pesquisa médica translacional. Teste para Covid-19. Pesquisa em sistemas de saúde pública.

**ABSTRACT** *There is much evidence suggesting that mitigating the COVID-19 pandemic requires syndromic surveillance and isolation of suspected/confirmed cases. The availability of diagnostic tests in the Brazilian Unified Health System (SUS) is essential, which could be facilitated by national sovereignty in development and production, considering the high demand/lack of supply in the international market. This study identified the stages of translational research into diagnostic tests for COVID-19 in Brazil, verifying their geographic distribution, among other indicators. A cross-sectional, exploratory study based on a public database with 789 Research, Development, and Innovation (RD&I) projects regarding COVID-19, complemented by other searches, including the researchers' curricula (CVLattes). There were 89 diagnostic test projects in the database. In 45 cases, it was possible to obtain additional information to classify them according to the translational research stages. Fifteen innovations that reached the T3 stage were identified, with their products incorporated into clinical protocols in healthcare, even considering the deep budget restrictions in RD&I. Brazil has the potential to develop and implement technological products in the field of diagnostic tests for SARS-CoV-2. Public health RD&I policies need to be prioritized to expand national and international cooperation to promote effective national autonomy in syndromic surveillance and population health.*

**KEYWORDS** *Translational medical research. COVID-19 testing. Public health systems research.*

<sup>1</sup>Universidade de Brasília (UnB) – Brasília (DF), Brasil.  
fabricioocavalcante@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) – Natal (RN), Brasil.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

## Qualificação da Atenção Primária à Saúde para o diagnóstico laboratorial da covid-19 no Distrito Federal, 2020-2021

*Primary Health Care Qualification for laboratory diagnosis of COVID-19 in the Federal District, 2020-2021*

Fabricio Vieira Cavalcante<sup>1</sup>, Ruth da Conceição Costa e Silva Sacco<sup>2</sup>, Aimê Oliveira<sup>1</sup>, Taciana Silveira Passos<sup>1</sup>, Tiago Machado de Alencar<sup>2</sup>, Christina Pacheco Santos Martin<sup>3</sup>, Leonor Maria Pacheco Santos<sup>1</sup>

DOI: 10.1590/2358-289820241428918P

**RESUMO** A pandemia de covid-19 exigiu reorganização das Unidades Básicas de Saúde (UBS) para garantir maior capacidade diagnóstica laboratorial em tempo oportuno, o que requereu profissionais de saúde capacitados, disponibilidade de insumos/materiais e estratégias adequadas de manejo das amostras no Laboratório Central (Lacen). Em 2020-2021, a estrutura das UBS do Distrito Federal (DF) foi avaliada por meio de estudo transversal analítico, censitário. A coleta de dados, remota, ocorreu por entrevista telefônica estruturada e questionário de autopreenchimento. Fez-se análise estatística no software R, comparando UBS-Sentinela com UBS-Tradicional. A capacitação no teste rápido e/ou na coleta da amostra por swab entre enfermeiros foi quase universal (> 99%), e entre técnicos de enfermagem, foi alta (70%); por outro lado somente 9% dos médicos receberam alguma capacitação. Registrou-se fluxo definido para encaminhar amostras para o Lacen em 89% das UBS, visando diagnosticar o Sars-CoV-2; os prazos de retorno dos resultados laboratoriais foram cumpridos em 70% dos casos. Insumos, materiais e equipamentos estavam disponíveis em quantidades suficientes, sobretudo nas UBS-Sentinela. Nestas, 63% das equipes conheciam o manual de coleta MA-LACEN-0007, comparado com 35% das equipes na UBS-Tradicional ( $p < 0,001$ ). Apesar dos desafios, o DF apresentou capacidade de resposta satisfatória quanto ao diagnóstico laboratorial de covid-19.

**PALAVRAS-CHAVE** Capacidade de resposta ante emergências. Atenção Primária à Saúde. Vigilância em saúde pública. Covid-19.

**ABSTRACT** The COVID-19 pandemic required the reorganization of PHC Units (UBS) to ensure greater laboratory diagnostic capacity timely, which demanded trained health professionals, availability of inputs/materials, and adequate sample management strategies at the Central Laboratory (LACEN). In 2020-2021, an analytical cross-sectional census study evaluated the UBS structure in the Federal District (DF). Data were collected remotely through structured telephone interviews and a self-completed questionnaire. Statistical analysis was carried out in Software R, comparing UBS-Sentinel with UBS-Traditional units. Nurse training in rapid testing or swab sample collection was almost universal (> 99%) and high among nursing technicians (70%). On the other hand, only 9% of doctors received any training. A defined flow was registered to forward samples to LACEN in 89% of UBS to diagnose SARS-CoV-2. The deadlines for returning laboratory results were met in 70% of cases. Inputs, materials, and equipment were available in sufficient amounts, especially at UBS-Sentinel units. In these UBS, 63% of the teams knew the MA-LACEN-0007 collection manual, compared to 35% at UBS-Traditional units ( $p < 0.001$ ). Despite the challenges, the DF showed a satisfactory response capacity regarding the COVID-19 laboratory diagnosis.

**KEYWORDS** Surge capacity. Primary Health Care. Public health surveillance. COVID-19.

<sup>1</sup>Universidade de Brasília (UnB) - Brasília (DF), Brasil.  
fabricioocavalcante@gmail.com

<sup>2</sup>Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz Brasília) - Brasília (DF), Brasil.

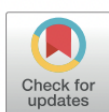
<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - João Pessoa (PB), Brasil.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

## RESEARCH ARTICLE

## Laboratory readiness and genomic surveillance of Covid-19 in the capital of Brazil

Fabrício Vieira Cavalcante<sup>1</sup>\*, Christina Pacheco Santos Martin<sup>2</sup>, Gustavo Saraiva Frio<sup>3</sup>, Rodrigo Guerino Stabeli<sup>4</sup>, Leonor Maria Pacheco Santos<sup>1</sup>**1** Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, **2** Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Brasil, **3** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, **4** Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), São Paulo, Brasil\* These authors contributed equally to this work.  
\* [fabriocavalcante@gmail.com](mailto:fabriocavalcante@gmail.com)

## Abstract

This study aims to analyze the diagnostic readiness to Covid-19 and the genomic surveillance of SARS-CoV-2 in Brasília, the capital of Brazil. This is a retrospective, cross-sectional study, with data from: cases/deaths—Ministry of Health; RT-PCR analyses Brasília Central Public Health Laboratory (LACEN); genomics—Global Initiative on Sharing All Influenza Data (GISAID). It was found that in March 2021, with the Gamma variant was predominant, RT-PCR diagnostic tests administered by LACEN reached their peak, followed by a reduction, possibly due to the start of vaccination. New peaks were observed in September 2021 and January 2022. The average time for releasing RT-PCR results was reduced from eight days (July 2020), to around eight hours in 2023. The participation of private laboratories was evident in sequencing the SARS-CoV-2 variants of concern in Brasília (n = 1,897). LACEN sequenced 50% of the samples received (571). A decrease in the incidence of cases and deaths due to Covid-19 was noted in the years 2022 to 2023, following the national trend. LACEN maintained RT-PCR diagnostic tests administered satisfactorily throughout the period. Regarding the genomic surveillance of SARS-CoV-2, the vast majority of samples were sequenced by private laboratories when compared to the public laboratory.

## OPEN ACCESS

**Citation:** Cavalcante FV, Martin CPS, Frio GS, Stabeli RG, Santos LMP (2025) Laboratory readiness and genomic surveillance of Covid-19 in the capital of Brazil. PLOS Glob Public Health 5(1): e0003289. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0003289>

**Editor:** Syed Shahid Abbas, Institute of Development Studies, UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND

**Received:** May 8, 2024

**Accepted:** November 14, 2024

**Published:** January 9, 2025

**Copyright:** © 2025 Cavalcante et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All data in the article were based on databases indexed in open access public repositories available at the following access links: 📌 Data on cases and deaths from Covid-19 was extracted from the government website, available at Link - <https://covid.saude.gov.br/> 📌 Data on the number of people vaccinated to prevent Covid-19 were extracted from the government website, available at Link - [https://informacoes.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI\\_DEMAS\\_Vacina\\_C19/SEIDIGI\\_DEMAS\\_Vacina\\_C19.html](https://informacoes.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19.html) 📌

## Introduction

Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) emerged in China at the end of 2019 and spread quickly to several countries such as the United States of America and countries in South America [1, 2], infecting thousands of people around the world. The World Health Organization (WHO) decided to declare a Public Health Emergency of International Concern (PHEIC) on March 11, 2020, due to the high rate of contagion of SARS-CoV-2 [3]. Currently, Covid-19 is better controlled and the WHO decreed on May 5, 2023 the end of PHEIC regarding SARS-CoV-2 [4].

To achieve control and mitigation of Covid-19, several strategies were necessary, such as the use of a mask, social distancing [5], management of health inputs and financial resources,

Link de acesso:

<https://journals.plos.org/globalpublichealth/article?id=10.1371/journal.pgph.0003289>.

# ANEXO 1

## Aprovação no Comitê de Ética (CEP Faculdade de Ciências da Saúde – UnB)

The screenshot shows the 'DETALHAR PROJETO DE PESQUISA' page on Plataforma Brasil. The project title is 'CAPACIDADE DE RESPOSTA DOS LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA COMO COMPONENTE FUNDAMENTAL DO SISTEMA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E GENÔMICA: O CASO DA PANDEMIA DA COVID-19'. The researcher is Fabricio Vieira Cavalcante. The project version is 3, with CAAE 76818623.0.0000.0030, submitted on 19/03/2024. The institution is the Department of Collective Health. A 'Comprovante de Recepção' stamp is visible, dated 08/01/2024. Below the details is a tree view of project documents, including 'Versão Atual Aprovada (PO) - Versão 3', 'Pendência de Parecer (PO) - Versão 3', and various submission folders like 'Comprovante de Recepção - Submissão', 'Cronograma - Submissão 6', etc.



### FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

#### COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CAPACIDADE DE RESPOSTA DOS LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA COMO COMPONENTE FUNDAMENTAL DO SISTEMA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E GENÔMICA: O CASO DA PANDEMIA DA COVID-19

**Pesquisador:** Fabricio Vieira Cavalcante

**Versão:** 3

**CAAE:** 76818623.0.0000.0030

**Instituição Proponente:** Departamento de Saúde Coletiva

##### DADOS DO COMPROVANTE

**Número do Comprovante:** 001219/2024

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

Informamos que o projeto CAPACIDADE DE RESPOSTA DOS LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA COMO COMPONENTE FUNDAMENTAL DO SISTEMA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E GENÔMICA: O CASO DA PANDEMIA DA COVID-19 que tem como pesquisador responsável Fabricio Vieira Cavalcante, foi recebido para análise ética no CEP Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília - UnB em 08/01/2024 às 12:03.

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

# Parecer CONEP


plataformabrasil.saude.gov.br/visao/pesquisador/gerirPesquisa/gerirPesquisaAgrupador.jsf

Público Pesquisador Alterar Meus Dados Fabricio Vieira Cavalcante - Pesquisador Sua sessão

### DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

#### DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CAPACIDADE DE RESPOSTA DOS LABORATÓRIOS DE SAÚDE PÚBLICA COMO COMPONENTE FUNDAMENTAL DO SISTEMA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E GENÔMICA: O CASO DA PANDEMIA DA COVID-19  
**Pesquisador Responsável:** Fabricio Vieira Cavalcante  
**Área Temática:**  
**Versão:** 2  
**CAAE:** 76818623.0.3001.0008  
**Submetido em:** 26/06/2024  
**Instituição Proponente:** Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente  
**Situação da Versão do Projeto:** Aprovado  
**Localização atual da Versão do Projeto:** Pesquisador Responsável  
**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

Comprovante de Recepção:  PB\_COMPROVANTE\_RECEPCAO\_2320343

#### DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA

Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações
Versão Atual Aprovada (POC) - Versão 2				
Documentos de Centro Coordenador				
Pareceres				
Documentos do Projeto				
Comprovante de Recepção - Submissã				
Cronograma - Submissão 6				
Declaração de Pesquisadores - Submis				
Declaração de concordância - Submiss				
Folha de Rosto - Submissão 6				
Informações Básicas do Projeto - Subm				
Orçamento - Submissão 6				
Outros - Submissão 6				
Projeto Detalhado / Brochura Investigac				
TCLE / Termos de Assentimento / Justif				
Pendência de Parecer (POC) - Versão 2				
Documentos de Realiz				