UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM GOVERNANÇA E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

ADRIANA NASCIMENTO SANTOS CARTAXO

VACINAÇÃO, TESTES, INFECÇÃO E MORTE: O CONTROLE DA COVID-19 E SUA ASSOCIAÇÃO AO CRESCIMENTO DO PIB EM TERMOS MUNDIAIS

Brasília, DF
2024

Adriana Nascimento Santos Cartaxo

Vacinação, Testes, Infecção e Morte: O Controle da Covid-19 e sua Associação ao Crescimento do PIB em Termos Mundiais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Doutora em Governança e Transformação Digital.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza Bermejo

Brasília, DF
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C322v Cartaxo, Adriana Nascimento Santos.

Vacinação, testes, infecção e morte: o controle da Covid-19 e sua associação ao crescimento do PIB em termos mundiais. / Adriana Nascimento Santos Cartaxo. – Palmas, TO, 2024.

83 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado Profissional) em Governança e Transformação Digital - PPGGTD, 2024.

Orientador: Paulo Henrique de Souza Bermejo

1. Análise de Dados. 2. Covid-19. 3. Indicadores. 4. Saúde Pública. I. Título

CDD 004

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Adriana Nascimento Santos Cartaxo

Vacinação, Testes, Infecção e Morte: O Controle da Covid-19 e sua Associação ao Crescimento do PIB em Termos Mundiais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Doutora em Governança e Transformação Digital.

Data de aprovação: 10/05/2024

Banca Examinadora

_____

Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza Bermejo, UFT e UnB

_____

Prof. Dra. Erika Santos de Aragão, UFBA

_____

Prof. Dr. Maurício Lima Barreto, UFBA

_____

Prof. Dr. Waldecy Rodrigues, UFT

_____

Prof. Dra. Marina Figueiredo Moreira, UFT e UnB

Dedico esta tese aos anjos da minha vida, meus filhos Pedro e Lira, meu esposo Francisco Iran, por todo amor, carinho, companheirismo, apoio, paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial ao meu pai Amando e a minha mãe Adelia, por todo amor, carinho e confiança. A minha base e o meu exemplo são vocês.

A meu filho Pedro e minha filha Lira, por todas as alegrias, descontrações, reconhecimento, amor, carinho, apoio e paciência para que eu pudesse concluir este importante e grandioso trabalho. Finalmente concluímos esta jornada.

Ao meu esposo Francisco Iran Cartaxo Barbosa, por todo amor, carinho, cuidado, incentivo, compreensão e especialmente pela parceria no desenvolvimento intelectual e tecnológico deste estudo. Nós trabalhamos juntos em mais um projeto de vida.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza Bermejo, pela orientação, incentivo, confiança e principalmente pela dedicação, comprometimento e excelência do conhecimento compartilhado durante este tempo que trabalhamos juntos.

Aos amigos da Secretaria de Informação e Saúde Digital (Seidigi/MS) que acompanharam e vibraram comigo, em especial àquele que compreendeu e apoiou o desenvolvimento deste trabalho, Tiago Bahia Fontana.

Aos professores da Universidade Federal da Bahia, que prontamente responderam ao meu convite para participar da Banca Examinadora e contribuíram para aprimoramento desta tese, Prof. Dra. Erika Santos de Aragão e Dr. Maurício Lima Barreto.

À Prof. Dra. Marina Figueiredo Moreira, da Universidade de Brasília, pelos conhecimentos compartilhados e colaboração no desenvolvimento deste estudo.

Aos colegas, colaboradores e professores do Programa de Pós-Graduação em Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins, em especial, Daniela Mascarenhas de Queiroz Trevisan, Prof. Dr. David Nadler Prata e Prof. Dr. Waldecy Rodrigues.

E, sobretudo a DEUS, minha fortaleza, por tudo!

RESUMO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou, em 11 de março de 2020, a pandemia do novo coronavírus e, em 5 de maio de 2023, anunciou o término da emergência de saúde pública, embora tenha recomendado a continuidade do fortalecimento da vigilância sanitária. Até 14 de abril de 2024, foram notificados globalmente 775 milhões de casos e 7,05 milhões de mortes, evidenciando as dificuldades enfrentadas pelos países no controle da pandemia. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a associação entre o controle da Covid-19 e o Crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Esta escolha é justificada pela lacuna apontada por Salyer (2020), que destaca a necessidade de equilibrar o controle da transmissão da Covid-19 com as considerações econômicas. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi empregada uma análise observacional transversal, utilizando dados epidemiológicos oficiais da Covid-19, abrangendo o período de 31 de dezembro de 2019 a 10 de agosto de 2021, e o crescimento do PIB em 2020. Foram utilizadas análises descritivas, aplicando métodos estatísticos, análise da associação, experimentos naturais e um estudo de caso focado no Brasil, que apresentou a maior queda na capacidade de controle de doenças infecciosas (23% de 2020 para 2022), conforme indicado pelo Regulatório Sanitário Internacional, entre os países com mais casos e mortes por Covid-19. Os dados foram ajustados para evitar vieses conforme as diretrizes da OMS. A partir da criação de um modelo estatístico, foram determinados o Indicador de Risco de Infecção (IRI), o Indicador de Risco de Morte (DRI) e o Índice de Controle de Doenças Infecciosas (IDCI). O IDCI foi normalizado por meio da transformação logarítmica e foi aplicada regressão linear para analisar a correlação entre o IDCI e a taxa de crescimento do PIB. Os resultados indicaram uma correlação mais significativa em países com mais de 10 milhões de habitantes (0,61), especialmente no grupo com elevado PIB per capita (0,77), em 2020. Os países com maior controle e crescimento econômico foram a China (454, 2,3), a Etiópia (211, 6,1), Bangladesh (45, 3,8) e o Egito (39, 3,6). Em contrapartida, o Brasil (1,30, –4,1), o México (1,36, –8,2), os Estados Unidos (2, –3,5), a Rússia (10,7, –3,1) e a Índia (23, –8) apresentaram resultados inversos. Até 10 de agosto de 2021, o Brasil, o México, os Estados Unidos e a Rússia registraram o menor controle da Covid-19 (0,2, 0,3, 0,86, 2, respectivamente) entre os países de grande população, além de apresentarem os maiores riscos de infecção (0,3, 0,07, 0,1, 0,04) e altos riscos de morte (14,58, 44, 11,5, 11,77). Os objetivos do estudo foram alcançados, destacando-se, como principais contribuições que os países com melhor gerenciamento do controle epidemiológico também demonstraram um desempenho superior no crescimento do PIB em 2020. Além disso, a capacidade de testagem, vacinação e o tamanho da população mostraram-se influentes no controle da Covid-19. O IDCI pode ser utilizado para avaliar capacidades subnacionais e outras doenças, como Dengue e *Monkeypox*, contribuindo para a melhoria das políticas de saúde pública.

Palavras-chaves: Análise de Dados. Covid-19. Indicadores. Saúde Pública.

ABSTRACT

The World Health Organization (WHO) declared the new coronavirus pandemic on March 11, 2020, and on May 5, 2023, announced the end of the public health emergency, although it recommended the continued strengthening of health surveillance. As of April 14, 2024, a total of 775 million cases and 7.05 million deaths had been reported globally, highlighting the challenges faced by countries in controlling the pandemic. In this context, the present study aims to analyze the association between the control of Covid-19 and the Gross Domestic Product (GDP) Growth. This choice is justified by the gap pointed out by Salyer (2020), who emphasizes the need to balance the control of Covid-19 transmission with economy considerations. For the development of the research, a cross-sectional observational analysis was employed, using official Covid-19 epidemiological data covering the period from December 31, 2019 to August 10, 2021, and the GDP growth in 2020. Descriptive analyzes were performed, applying statistical methods, association analysis, natural experiments and case study focused on Brazil, which presented the largest decline in infectious diseases control capacity (23% from 2020 to 2022), as indicated by the Health Regulatory International, among countries with the highest numbers of Covid-19 cases and deaths. The data were adjusted to avoid biases following WHO guidelines. By creating a statistical model, the Infection Risk Indicator (IRI), the Death Risk Indicator (DRI), and the Infectious Disease Control Index (IDCI) were determined. The IDCI was normalized through logarithmic transformation, and linear regression was applied to analyze the correlation between the IDCI and the GDP growth rate. The results showed a more significant correlation in countries with populations over 10 million inhabitants (0.61), particularly in the group with high GDP per capita (0.77), in 2020. The countries with the highest control and economic growth were China (454, 2.3), Ethiopia (211, 6.1), Bangladesh (45, 3.8) and Egypt (39, 3.6). In contrast, Brazil (1.30, –4.1), Mexico (1.36, –8.2), the United States (2, –3.5), Russia (10.7, –3.1) and India (23, –8) showed inverse results. As of August 10, 2021, Brazil, Mexico, the United States and Russia had the lowest Covid-19 (0.2, 0.3, 0.86, 2) among the most populous countries, as well as the highest infection risks (0.3, 0.07, 0.1, 0.04), and high death risks (14.58, 44, 11.5, 11.77). The study objectives were achieved, with the main contributions being that countries with better management of epidemiological control also demonstrated superior GDP growth performance in 2020. Additionally, testing capacity, vaccination, and population size were influential in controlling Covid-19. The IDCI can be used to assess subnational capacities and other diseases, such as Dengue and Monkeypox, contributing to the improvement of public health policies.

Key-words: Covid-19. Data Analysis. Indicators. Public Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Capacidade do Regulamento Sanitário Internacional 2022 26
Figura 2 – Distribuição global do Índice de Vulnerabilidade de Doenças Infecciosas 28
Figura 3 – Regulamento Sanitário Internacional 2022 por capacidade 4 a 9 30
Figura 4 – Processo de Seleção de Pesquisas e Estudos 36
Figura 5 – Desenho da Pesquisa 47
Figura 6 – Controle da pandemia de Covid-19 por país e território 56
Figura 7 – Monitoramento da chance de infecção e morte por COVID-19 nos países 59
Figura 8 – Índice de controle da Covid-19 e economia no mundo em 2020 63
Quadro 1 – Indicadores de capacidade do Regulamento Sanitário Internacional 25
Quadro 2 – Habilidade das nações para prevenir ou conter um surto de doença 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade do Regulamento Sanitário Internacional 2018 a 2022 23
Tabela 2 – Índice de Vulnerabilidade de Doenças Infecciosas de países relevantes 29
Tabela 3 – Artigos selecionados na primeira pesquisa por periódico por ano por correlação . 38
Tabela 4 – Artigos na segunda pesquisa por periódico por ano por correlação 39
Tabela 5 – Variáveis de interesse 51
Tabela 6 – Controle da pandemia de COVID-19 em todo o mundo 57
Tabela 7 – Estatísticas de regressão entre o Controle da Covid-19 e a economia em 2020..... 62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DRI	Indicador de Risco de Morte
ECDC	*European Centre for Disease Prevention and Control*
IDCI	Índice de Controle de Doenças Infecciosas
IDVI	*Infectious Disease Vulnerability Index*
IMF	*International Monetary Fund*
IRI	Indicador de Risco de Infecção
MERS	*Middle East Respiratory Syndrome*
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCI	Prevenção e controle de infecções
PIB	Produto Interno Bruto
PPGGTD	Programa de Pós-Graduação em Governança e Transformação Digital
RSI	Regulamento Sanitário Internacional
SARS-CoV-2	Coronavírus 2 da Síndrome Respiratória Aguda Grave
SPAR	*State Party Self-Assessment Annual Reporting*
UFT	Universidade Federal do Tocantins
WHO	*World Health Organization*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA 14
1.2 OBJETIVOS 16
1.2.1 Objetivo Geral 16
1.2.2 Objetivos Específicos 16
1.3 HIPÓTESE E TESE 16
1.4 DELIMITAÇÃO DE ESCOPO 17
1.5 JUSTIFICATIVA 18
1.5.1 Ineditismo 19
1.5.2 Aderência ao Programa 20
1.6 ESTRUTURA DA TESE 20

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 22
2.1 CAPACIDADE DE CONTROLE DOS PAÍSES 22
2.1.1 Capacidade Sanitária Internacional 22
2.1.2 Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas 26
2.1.3 Análise de Fatos e Dados Epidemiológicos 29
2.1.3.1 Testagem 30
2.1.3.2 Vacinação 31
2.1.3.3 Vigilância Epidemiológica da Covid-19 32
2.1.4 Fator Econômico 33
2.2 PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS SOBRE COVID-19 E ECONOMIA 35
2.3 TRABALHOS RELACIONADOS 39

3 METODOLOGIA 43
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA 43
3.1.1 Procedimentos Técnicos 45
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 46
3.2.1 Preparação 47
3.2.2 Coleta, Seleção e Processamento de Dados 49
3.2.3 Análise e Verificação de Resultados 50
3.2.4 Compartilhamento de Resultados e Discussão 51
3.2.5 Finalização da Tese 53

4 RESULTADOS 54
4.1 CONTROLE EPIDEMIOLÓGICO DA COVID-19 54
4.1.1 Criação do Índice de Controle de Doenças Infecciosas 54
4.1.2 Índice de Controle da Covid-19 em Todo o Mundo 56
4.1.3 Controle da Pandemia de Covid-19 na América Latina 60
4.1.4 Países com Maior Risco de Covid-19 61
4.2 CONTROLE COVID-19 E CRESCIMENTO DO PIB 62
4.2.1 Correlação Controle da Covid-19 e Crescimento do PIB 62

5 DISCUSSÃO 64
5.1 CONTROLE DA COVID-19 POR REGIÃO, RISCO E POPULAÇÃO 64
5.2 ASSOCIAÇÃO CONTROLE COVID-19 E PIB POR PAÍSES 66

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 69
6.1 CONTRIBUIÇÕES DA TESE 71
6.2 TRABALHOS FUTUROS 74

REFERÊNCIAS 76

1 INTRODUÇÃO

O Regulamento Sanitário Internacional (RSI) tem como objetivo garantir e aprimorar a capacidade de todos os Estados Partes em prevenir, detectar, avaliar, notificar e responder a riscos de saúde pública, sob monitoramento e avaliação da Organização Mundial de Saúde (OMS). A OMS busca, assim, apoiar o cumprimento da obrigação de informar anualmente à Assembleia Mundial da Saúde sobre a aplicação dos requisitos de capacidade, incentivando a transparência e a responsabilidade mútua para a segurança global (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

A história registra desafios significativos que impactaram a saúde da população global, incluindo surtos recentes de destaque como Ebola, Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS), influenza pandêmica e Zika, evidenciando a natureza transnacional das doenças infecciosas (MOORE, Melinda, GELFELD, *et al.*, 2016).

Recentemente, o mundo enfrentou a pandemia causada pelo novo coronavírus, SARS-CoV-2, responsável pela síndrome respiratória aguda grave e pela doença Covid-19, sendo seu primeiro registro na China em dezembro de 2019. O surto inicial foi classificado pela OMS como uma emergência de saúde pública de interesse internacional.

A OMS recomendou os países a adoção de medidas rigorosas para a detecção precoce da doença e o incentivo ao distanciamento social, destacando a necessidade urgente de acelerar a pesquisa e o desenvolvimento de vacinas. Contudo, o vírus se espalhou rapidamente por todos os continentes, levando à declaração de pandemia em 11 de Março de 2020 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020).

Nessa época, em resposta ao crescente número de casos, um documento da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) focou em medidas de contenção e mitigação para reduzir a Covid-19 e ajudar os países a ajustar suas políticas, com base em experiências anteriores de surtos epidêmicos (OECD, 2020).

Em 14 de abril de 2024, mais de 775 milhões de casos de Covid-19 haviam sido relatados globalmente, com maiores números de infecções nos Estados Unidos, China, Índia, França, Alemanha e Brasil. O total de mortes atingia 7,05 milhões, com os Estados Unidos, Brasil e Índia registrando as maiores mortes cifras (OUR WORLD IN DATA, 2024).

Para conter efetivamente a propagação do vírus, diversos países aplicaram ações de proteção e comunicação eficaz (GILBERT, PULLANO, *et al.*, 2020, JI, MA, *et al.*, 2020, LIU, YANG, *et al.*, 2020, POWELL-JACKSON, KING, *et al.*, 2020). Além disso, a OMS

recomendou a realização de testagens em massa e o fortalecimento dos sistemas de saúde (BEDFORD, ENRIA, *et al.*, 2020, KUCHARSKI, KLEPAC, *et al.*, 2020).

Esforços colaborativos resultaram na criação de testes rápidos e vacinas em um período sem precedentes, utilizando a infraestrutura e metodologias já estabelecidas (CALLAWAY, LEDFORD, *et al.*, 2020, KUMAR, DOWLING, *et al.*, 2021). Desde dezembro de 2020, diversas vacinas foram administradas globalmente, no entanto, essas vacinas sozinhas não foram suficientes parar conter a pandemia em 2021 (WOUTERS, SHADLEN, *et al.*, 2021). Assim, a OMS, juntamente com outras organizações internacionais, recomendou a manutenção de medidas de saúde pública para controlar a disseminação de SARS-CoV-2 (PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO), 2021, WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

Em 5 de maio de 2023, a OMS declarou o fim da emergência de saúde pública de importância internacional em relação à Covid-19, ressaltando que isso não implica a eliminação da ameaça à saúde. A organização recomentou, portanto, a continuidade da vacinação dos grupos vulneráveis, fortalecimento da vigilância e a melhoria da preparação para futuras emergências (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2023).

1.1 Problema de pesquisa

A temática relacionada à capacidade de controle de emergências de saúde pública apresenta uma diversidade de abordagens. No início da pandemia de Covid-19, especificamente no primeiro trimestre de 2020, diversos estudos foram realizados para avaliar o risco de importação do vírus, bem como a preparação e a vulnerabilidade dos países em detectar e limitar sua transmissão. No entanto, esses estudos recomendaram a inclusão de outras variáveis de risco, como as condições socioeconômicas (GILBERT, PULLANO, *et al.*, 2020, KANDEL, CHUNGONG, *et al.*, 2020).

Com a disponibilidade de dados adicionais, alguns pesquisadores passaram a investigar a capacidade de enfrentamento da Covid-19 pelos países. Destaca-se, entre esses estudos, o trabalho de Salyer e colaboradores (2021), que analisaram dados epidemiológicos da Covid-19, incluindo casos, mortes e testes, com o intuito de compreender melhor a progressão da pandemia na África. Os autores enfatizaram que o monitoramento e a análise contínua desses dados são fundamentais para os Estados-Membros consigam equilibrar o controle da transmissão da Covid-19 com a manutenção de economias e meios de subsistência estáveis (SALYER, MAEDA, *et al.*, 2021).

Esse equilíbrio é particularmente relevante, uma vez que a economia global foi severamente impactada durante a pandemia, resultando em um aumento significativo de publicações científicas que abordam a intersecção entre saúde pública e economia, conforme evidenciado na seção 2.2. Entre essas publicações, destaca-se a análise da correlação entre a transmissão da Covid-19 e o Produto Interno Bruto (PIB).

O PIB per capita é um dos principais fatores contextuais que explicam uma considerável proporção da variação nas infecções entre países. É importante ressaltar que esses fatores não são facilmente influenciáveis por políticas públicas, como o uso de máscaras, o distanciamento físico e outras políticas de resposta, que foram cruciais para moldar os resultados durante a pandemia (BOLLYKY, HULLAND, *et al.*, 2022). Assim, as políticas responsivas, incluindo lockdowns e fechamento de fronteiras, refletem nos resultados tanto dos indicadores econômicos quanto da transmissão da Covid-19, afetando ambos.

Desde o início da pandemia, poucos estudos se dedicaram a resolver o problema do equilíbrio entre o controle da transmissão da Covid-19 e a economia durante o mesmo período. Embora alguns tenham analisado a correlação entre o PIB e um ou outro dado epidemiológico, a maioria se concentrou em um ou outro aspecto. Por exemplo, o PIB per capita de 2019 foi identificado como um dos fatores que explicaram a maior variação na taxa de infecção cumulativa e na razão infecção-letalidade (IFR) por SARS-CoV-2 entre 1º de janeiro de 2020 e 30 de setembro de 2021 (BOLLYKY, HULLAND, *et al.*, 2022). A correlação entre o PIB per capita e os índices de epidemias (casos e mortes) foi significativa (GAO, ZHENG, *et al.*, 2022). Além disso, o PIB e o número de reprodução no início de cada onda apresentou correlação significativa (NAFFETI, BOURDIN, *et al.*, 2022). O PIB per capita e os dados de prevalência da Covid-19 (casos cumulativos e mortes) mostraram uma correlação positiva e significativa (SIDIBÉ, YONABA, *et al.*, 2022). O PIB per capita de 2019 e a mortalidade por Covid-19 também foram positivamente correlacionados (ZINSOU, LETOURNEUR, *et al.*, 2023).

Adicionalmente, as taxas de mortalidade durante a primeira onda da Covid-19 foram observadas como sendo mais elevadas em países de alta renda, conforme indicado pelo PIB per capita em 2019 (YAO, ALEYA, *et al.*, 2022). Notavelmente, a correlação entre taxa de mortalidade e o PIB per capita foi positiva apenas durante a primeira onda da Covid-19, considerando dados de PIB entre 2017 a 2019 (YAO, GRAFF, *et al.*, 2022). A porcentagem de casos sequenciados do SARS-CoV-2 também apresentou uma associação significativa com o PIB per capita de 2015 (BRITO, SEMENOVA, *et al.*, 2022). Casos e mortes por Covid-19,

ajustados por milhão de habitantes, mostraram-se correlacionados com o PIB per capita de 2018 (LI, 2021). Além disso, a taxa média de mortalidade por Covid-19 foi significativamente associada o PIB per capita de 2018 (PANA, BHATTACHARYA, *et al.*, 2021). Países com PIB mais baixo e que enfrentaram atrasos na vacinação experimentaram um aumento mais acentuado nos casos acumulados (DUROSEAU, KIPSHIDZE, *et al.*, 2023).

Apesar das contribuições relevantes destes estudos, a maioria deles investigou se o PIB influenciou a mitigação da Covid-19, comparando um ou poucos dados epidemiológicos com o PIB de períodos distintos. Contudo, a análise do controle da transmissão da Covid-19, que inclui dados epidemiológicos (casos, mortes, testes, vacinação e população) de forma integrada, em relação ao PIB do mesmo período, permanece subexplorada na literatura. Portanto, esta pesquisa se propõe a investigar a seguinte questão: como os países equilibraram o controle da transmissão da Covid-19 com o crescimento do PIB no primeiro ano da pandemia?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o controle da transmissão da Covid-19 e sua associação com o crescimento do PIB em termos mundiais.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar uma análise do controle epidemiológico da emergência de saúde provocada pela Covid-19 em países com dados reportados oficialmente;
2. Investigar a correlação entre o controle epidemiológico e o crescimento do PIB nos países afetados pela pandemia da Covid-19 no ano de 2020.

1.3 Hipótese e tese

Neste contexto, como proposta de solução para o problema de pesquisa, resta para ser pesquisado nesta tese os dados epidemiológicos que influenciam o controle da transmissão da

Covid-19, com ênfase em sua associação com o crescimento do PIB do mesmo período, buscando compreender o equilíbrio alcançado pelos países.

A hipótese descritiva que orienta este estudo é a seguinte: o desenvolvimento de um modelo de controle epidemiológico da emergência de saúde provocada pela Covid-19 e sua associação com o crescimento do PIB podem contribuir para o equilíbrio dos países, promovendo melhores resultados econômicos.

Assim, a tese defendida nesse trabalho é: a capacidade de controle epidemiológico da emergência de saúde pela Covid-19 dos países está associada a melhores resultados de crescimento do PIB.

1.4 Delimitação de Escopo

O escopo desta pesquisa está restrito à análise da correlação entre o controle epidemiológico da emergência de saúde provocada pela Covid-19 e a Taxa de Crescimento do PIB no ano de 2020.

Para a análise do controle epidemiológico da Covid-19, foram considerados os seguintes indicadores: testes realizados, taxa de vacinação, casos e óbitos reportados na população (RIOU, PANCZAK, *et al.*, 2021). Além disso, para viabilizar a aplicação e interpretação dos resultados, a pesquisa incluiu comparações dentro de regiões específicas, a fim de estabelecer expectativas para um único país. Isso se justifica pela limitação da comparação entre países, especialmente devido às diferentes capacidades de realização de testes (MUNDT, 2021). Nesse contexto, tanto a testagem quanto a vacinação se mostraram fundamentais para o controle da pandemia (KUMAR, DOWLING, *et al.*, 2021).

A investigação da correlação entre o controle da emergência de saúde pela Covid-19 e o crescimento do PIB focou nas vulnerabilidades e capacidades de controle dos países no ano de 2020. Ou seja, a pesquisa se concentrou na análise do dano já ocorrido. Importante ressaltar que o estudo distingue-se de estimativas, predições, previsões ou projeções (análise preditiva), uma vez que se baseia em dados de mundo real, refletindo o impacto já ocorrido ao longo do tempo. A análise considerou dados atualizados, reportados pelos países, excluindo as nações com informações discrepantes ou indisponíveis, e foi realizada com base em vieses sinalizados pela OMS.

A análise entre controle da transmissão da Covid-19 e crescimento do PIB delimita-se ao ano de 2020, por ser o ano com maior número de casos registrados na maioria dos países, a disponibilidade de dados econômicos à época do início da pesquisa e a necessidade de

fornecer uma resposta rápida à sociedade. O estudo não incluiu dados de anos subsequentes, os quais envolveriam outras variáveis, como o processo de adaptação dos países às lições aprendidas, embora a correlação observada pudesse apresentar resultados semelhantes.

Além disso, a pesquisa centrou na apresentação gráfica dos países com a correlação mais expressiva, com o intuito de explicar por que alguns países foram mais impactados que outros, considerando que o pico da pandemia ocorreu mais em momentos distintos em diferentes nações, com alguns países enfrentando seu auge no ano seguinte.

O escopo desta tese não abrange a análise de dados não oficiais, como testes rápidos adquiridos em farmácias, que são utilizados para diagnóstico da Covid-19, porém não são compulsoriamente reportados às autoridades de saúde. Da mesma forma, a pesquisa não contempla a análise do controle da doença por tipo imunizante, uma vez que a base de dados consultada não fornece informações com esse nível de detalhamento. Portanto, a análise realizada considera o total de pessoas vacinadas com pelo menos uma dose tomada como fator de controle da pandemia.

1.5 Justificativa

A justificativa para o desenvolvimento desta pesquisa reside na necessidade de analisar o equilíbrio entre o controle da transmissão da Covid-19 e a economia dos países para aprimorar a capacidade de resposta a emergências de saúde pública (SALYER, MAEDA, *et al.*, 2021). A investigação dessa relação pode proporcionar insights valiosos para fortalecer as estratégias de controle e resposta a futuras crises sanitárias.

Estudos recentes como os de Geubbels et al. (2023), enfatizam a importância de realizar análises comparativas entre países de diferentes níveis econômicos, enquanto Duroseau et al. (2023) sugerem a inclusão de dados sobre vacinação nas investigações sobre a dinâmica de transmissão da doença. Tal abordagem é relevante, especialmente considerando o contexto atual, no qual persiste o sentimento generalizado de que a pandemia já foi superada (DE MEIJERE, VALDANO, et al., 2023). Contudo, é essencial continuar monitorando o controle epidemiológico, não apenas para a Covid-19, mas também para outras doenças, de forma a preservar e expandir o aprendizado gerado pela pandemia (CAMPBELL, GALVANI, *et al.*, 2022).

A pandemia de Covid-19 teve um impacto global significativo, afetando populações de todos os continentes e prologando-se por mais tempo do que inicialmente previsto. Nesse sentido, a realização deste estudo pode contribuir para a comunidade científica, além de

fornecer subsídios valiosos para gestores públicos e autoridades sanitárias. A análise proposta pode auxiliar às necessidades da população, que ainda enfrenta os efeitos adversos da pandemia, como adoecimento, perdas humanas, sequelas, e impactos econômicos e sociais, exigindo adaptação a um novo modo de vida.

As lições aprendidas com a experiência mundial no combate à Covid-19 são de grande importância, e o controle de transmissão da doença é um dos principais elementos a ser analisado. Ao abordar esse tema sob a ótica econômica, adiciona-se uma dimensão relevante ao estudo, considerando a responsabilidade dos governantes em relação ao desempenho econômico e o impacto das políticas públicas nas finanças do Estado. Países que apresentaram um impacto mais reduzido na saúde e na economia contaram com uma comunicação mais eficaz e apoio financeiro do substancial por parte de seus governos (REY-MARTINEZ, REY-MARTINEZ, *et al.*, 2023). Em contrapartida, países que enfrentaram dificuldades no combate à pandemia sofreram com a falta de coordenação e gestão, além da disseminação de desinformação e notícias falsas (BARBERIA, GÓMEZ, 2020). Além disso, muitos sistemas de saúde se mostraram inadequados para lidar com a crise, em razão de financiamento insuficiente e desequilíbrios estruturais graves (PINILLA, BARBER, *et al.*, 2021).

1.5.1 Ineditismo

O ineditismo desta pesquisa fundamenta-se na análise da correlação do controle epidemiológico global da emergência de saúde provocada pela Covid-19 e o desempenho econômico no mesmo período, em conformidade com as recomendações para novas investigações apontadas por Salyer e colegas (2021).

Durante a realização da revisão de literatura para a estruturação desta tese, não foram encontrados estudos que abordassem diretamente a associação entre o controle da transmissão da Covid-19 (incluindo casos, mortes, testagem, vacinação e dados populacionais) e o crescimento do PIB do mesmo intervalo temporal. Dessa forma, este estudo constitui uma inovação na área de pesquisa.

É importante ressaltar que a análise realizada não se configura como uma simulação, análise preditiva (como estimativas ou projeções), mas sim como uma investigação baseada em dados empíricos, ajustados para vieses conhecidos, focando no dano efetivamente ocorrido. A análise respeita a temporalidade dos dados, com representação tanto na forma gráfica, para ilustrar a evolução do controle ao longo do tempo, quanto por meio da correlação entre as variáveis no mesmo período.

Dessa maneira, entende-se que a contribuição deste estudo é tanto teórica quanto prática, ao oferecer uma abordagem sobre o controle epidemiológico de emergências de saúde e sua interação com os aspectos econômicos nos países.

Adicionalmente, cabe mencionar que uma versão preliminar com os primeiros achados desta pesquisa foi publicada em formato de pré-impressão, disponível na SSRN, na série *Preprints with The Lancet* (CARTAXO, BARBOSA, *et al.*, 2022). Este repositório utiliza o mecanismo de pré-impressão para divulgar pesquisas em andamento de interesse acadêmico. Ressalta-se que a referida pré-impressão ainda não foi submetida à avaliação por pares.

1.5.2 Aderência ao Programa

O desafio metodológico desta tese abrange tanto contribuições teóricas quanto práticas, focando na análise da capacidade de controle de emergências de saúde e na interpretação de dados epidemiológicos, além de englobar as implicações de um programa profissional.

A aderência ao Programa de Pós-Graduação em Governança e Transformação Digital (PPGGTD) da Universidade Federal do Tocantins (UFT) reflete uma abordagem interdisciplinar, envolvendo áreas como estatística, metodologias e técnicas computacionais, ciências da saúde, saúde coletiva, ciências sociais aplicadas, crescimento econômico, políticas públicas e política internacional.

O programa de pós-graduação oferece uma linha de pesquisa voltada para o desenvolvimento de metodologias, técnicas e processos relacionados à governança digital das organizações, com ênfase na gestão e economia baseada em dados, em novos modelos de negócio, e na cidadania. Nesse contexto, a presente pesquisa propõe uma nova modelagem para a análise do controle de emergências de saúde, especificamente no caso da Covid-19, utilizando dados epidemiológicos para explorar sua correlação com o crescimento do PIB do mesmo período. Este estudo visa complementar as melhores práticas científicas recentemente publicadas sobre o tema.

Ademais, a modelagem proposta neste estudo possibilita uma abstração das informações provenientes do mundo real, permitindo a aplicação de cálculos relevantes para a pesquisa, e a criação de um modelo gráfico simplificado que pode servir para visualização e fundamentação de estudos futuros e resolução de problemas (QUIRINO, BRITO, 2015).

1.6 Estrutura da Tese

A presente tese está organizada em seis capítulos inter-relacionados, a saber: (1) introdução, (2) fundamentação teórica, (3) metodologia, (4) resultados, (5) discussão, e (6) considerações finais.

O **Capítulo 1**, intitulado *Introdução*, oferece uma contextualização do tema da pesquisa, apresentando a problematização do estudo, os objetivos definidos, bem como a hipótese e a tese central. Além disso, este capítulo discute as limitações do trabalho, delineando claramente seu escopo e, justifica a relevância da pesquisa, com ênfase na originalidade da proposta e sua aderência ao Programa de Pós-Graduação em Governança e Transformação Digital. Este capítulo também expõe a estrutura da tese.

No **Capítulo 2**, denominado *Fundamentação Teórica*, são abordadas as capacidades de controle de saúde, com base nos indicadores de capacidade sanitária internacional e no Índice de Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas. A seção discute ainda os aspectos relacionados à análise de dados epidemiológicos, especialmente no que se refere à testagem e vacinação, além das práticas de vigilância necessária. Este capítulo também inclui uma revisão da arte, reunindo publicações científicas e trabalhos relevantes sobre o tema.

O **Capítulo 3** apresenta a *Metodologia* aplicada no estudo, caracterizando a pesquisa sobre o controle da transmissão da Covid-19 e sua relação com o desempenho econômico. Neste capítulo, são detalhados os procedimentos técnicos utilizados, o desenho da pesquisa e as etapas seguidas na execução do estudo.

O **Capítulo 4** expõe os *Resultados* obtidos. A primeira parte do capítulo aborda a análise do controle epidemiológico da Covid-19, atendendo ao primeiro objetivo específico da pesquisa. A segunda parte examina a correlação entre o controle epidemiológico e o crescimento do PIB durante a pandemia, com o intuito de atingir o segundo objetivo do estudo.

No **Capítulo 5**, são apresentadas as *Discussões* dos resultados, com a contextualização do controle da Covid-19 por região, risco e população. A seção também aborda a associação entre o controle da epidemia e o crescimento do PIB, analisado por grupos de países.

Finalmente, o **Capítulo 6** contém as *Considerações Finais*, onde são feitas as conclusões do estudo, relacionando os objetivos com os resultados alcançados, evidenciando as contribuições da pesquisa. Este capítulo também propõe direções para futuros trabalhos, sugerindo possibilidades de continuidade da pesquisa com base nas experiências adquiridas ao longo do desenvolvimento deste estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda os principais temas que fundamentam a pesquisa, sendo estruturado em três seções: (1) a capacidade de controle dos países, (2) as publicações científicas sobre Covid-19 e economia, e (3) os trabalhos relacionados.

A primeira seção é dedicada ao desenvolvimento de um modelo de análise do controle de doenças. Para tanto, são apresentados os fundamentos necessários para a identificação da capacidade sanitária internacional, as vulnerabilidades dos países frente a doenças infecciosas, e a análise de fatos e dados epidemiológicos. Além disso, é discutido o fator econômico, considerando os países classificados segundo indicadores previamente definidos.

A segunda seção revisa a literatura científica existente sobre o controle da Covid-19 e seu impacto econômico, visando identificar o estado da arte e as lacunas de pesquisa. A revisão busca elucidar as principais contribuições já realizadas na área, além de destacar as áreas que demandam investigação adicional.

Por fim, a terceira seção descreve os trabalhos relacionados, contextualizando o problema de pesquisa frente às abordagens adotadas por outros estudiosos. Esta seção visa caracterizar a relevância e a solução proposta por este estudo, à luz dos avanços já alcançados por outros pesquisadores, oferecendo um embasamento sólido para a elaboração do presente trabalho.

2.1 Capacidade de controle dos países

Esta seção está organizada em quatro subseções. A primeira subseção para conhecer o controle exercido por indicadores de capacidade sanitária internacional de vigilância e resposta a potenciais ocorrências. A segunda subseção trata dos indicadores de vulnerabilidade a doenças infecciosas. A terceira subseção foca na análise dos fatos e dados epidemiológicos dos países, com base nos dois indicadores discutidos nas subseções anteriores. Por fim, a quarta subseção discute o fator econômico associado a doenças.

2.1.1 Capacidade Sanitária Internacional

Os indicadores de capacidade sanitária internacional consistem em um conjunto de requisitos estabelecidos pelo Regulamento Sanitário Internacional (2005) (RSI), os quais exigem que os Estados Partes desenvolvam e mantenham capacidades mínimas de vigilância

para detectar, avaliar, notificar e responder a potenciais ocorrências de saúde pública de repercussão internacional (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

Os Estados Partes, juntamente com o Diretor-Geral da OMS, devem submeter relatórios à Assembleia Mundial da Saúde, utilizando a ferramenta de autoavaliação anual, conhecida como *State Party Self-Assessment Annual Reporting* (SPAR), destinada a apoiar os países no cumprimento das suas obrigações, permitindo à OMS compilar um relatório global coerente.

A partir de 2021, a ferramenta SPAR foi revisada e aprimorada, com base nas lições aprendidas durante a pandemia de Covid-19. Isso pode limitar a comparabilidade das pontuações obtidas nos anos seguintes, em relação aos dados históricos, mas, ao mesmo tempo, proporciona um melhor entendimento dos pontos fortes e das lacunas dos países (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022). A OMS observa que essa limitação não se aplica ao considerar a média das capacidades de todos os países.

Como ilustrado na Tabela 1, que apresenta os dados sobre a capacidade global, regiões e os países relevantes mencionados na introdução, a capacidade global de vigilância sanitária demonstrou um crescimento em 2022. No entanto, alguns países apresentaram uma redução em suas capacidades, com o Brasil sendo o mais afetado dentro desse grupo.

Tabela 1 – Capacidade do Regulamento Sanitário Internacional 2018 a 2022

Região	**2022**	**2021**	**2020**	**2019**	**2018**
África (AFRO)	52%	49%	49%	44%	42%
Américas (AMRO)	67%	67%	72%	71%	66%
Brasil	69%	87%	92%	87%	87%
Estados Unidos	91%	91%	92%	92%	91%
Mediterrâneo Oriental (EMRO)	67%	65%	67%	66%	65%
Europa (EURO)	76%	74%	74%	75%	73%
Alemanha	87%	87%	89%	88%	91%
França	86%	86%	83%	82%	82%
Sudeste da Ásia (SEARO)	68%	64%	63%	61%	56%
Índia	85%	84%	80%	78%	75%
Pacífico Ocidental (WPRO)	72%	68%	70%	70%	64%
China	93%	94%	94%	93%	94%
Capacidade Global	66%	64%	65%	63%	61%

Fonte: Adaptado de WHO (2023a).

A segunda edição da ferramenta SPAR (2021) inclui 15 capacidades (Quadro 1, Figura 1), cada uma composta por até 5 indicadores, totalizando 35 indicadores, o que representa uma ampliação em relação à primeira edição, que possuía 13 capacidades e 24

indicadores. A avaliação de desempenho de cada indicador é feita em uma escala de 1 a 5, sendo 5 o nível mais alto de cumprimento, com os níveis anteriores sendo considerados como cumpridos (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

Quadro 1 – Indicadores de capacidade do Regulamento Sanitário Internacional

Capacidades	**Indicadores**
C.1. Instrumentos políticos, jurídicos e normativos para implementar o RSI	C.1.1. Instrumentos políticos, jurídicos e normativos C.1.2. Igualdade de género nas emergências sanitárias
C.2. Coordenação do RSI e ponto focal nacional do RSI	C.2.1. Funções dos pontos focais nacionais do RSI C.2.2. Mecanismos de coordenação multissetorial C.2.3. Sensibilização para a implementação do RS
C.3. Financiamento	C.3.1. Financiamento para a implementação do RSI C.3.2. Financiamento para a resposta a emergências de saúde pública
C.4. Laboratório	C.4.1. Sistema de encaminhamento e transporte de amostras C.4.2. Implementação de um regime de biossegurança e bioproteção laboratorial C.4.3. Sistema de qualidade laboratorial C.4.4. Modalidades de capacidade de testagem laboratorial C.4.5. Rede nacional eficaz de diagnóstico
C.5. Vigilância	C.5.1. Função de vigilância com alerta precoce C.5.2. Gestão de ocorrências
C.6. Recursos humanos	C.6.1. Recursos humanos para a implementação do RSI C.6.2. Reforço da força de trabalho durante uma ocorrência de saúde pública
C.7. Gestão de emergências sanitárias	C.7.1. Planeamento para emergências sanitárias C.7.2. Gestão da resposta a emergências sanitárias C.7.3. Gestão da logística e da cadeia de abastecimento em situações de emergência
C.8. Prestação de serviços	C.8.1. Gestão de casos C.8.2. Utilização dos serviços de saúde C.8.3. Continuidade dos serviços essenciais de saúde (SES)
C.9. Prevenção e controle de infecções (PCI)	C.9.1. Programas de prevenção e controle de infecções C.9.2. Vigilância das infecções associadas a cuidados de saúde (IACS) C.9.3. Ambiente seguro nas unidades de saúde
C.10. Comunicação dos riscos e envolvimento da comunidade (CREC)	C.10.1. Sistema de CREC em situações de emergência C.10.2. Comunicação dos riscos C.10.3. Envolvimento da comunidade
C.11. Pontos de entrada e saúde nas fronteiras	C.11.1. Capacidade essenciais exigidas em permanência nos PdE (aeroportos, portos e fronteiras terrestres) C.11.2. Resposta de saúde pública nos PdE C.11.3. Abordagem baseada nos riscos das medidas relacionadas com as viagens internacionais
C.12. Zoonoses	C.12.1. Esforços de colaboração entre setores no âmbito da abordagem “Uma só Saúde” para a realização de atividades destinadas a combater as zoonoses
C.13. Segurança sanitária dos alimentos	C.13.1. Mecanismo de colaboração multissetorial para ocorrências relacionadas com a segurança sanitária dos alimentos
C.14. Incidentes com produtos químicos	C.14.1. Recursos de detecção e alerta
C.15. Emergências radiológicas	C.15.1 Capacidade e recursos

Fonte: Adaptado de OMS (2022, p. 11).

Figura 1 – Capacidade do Regulamento Sanitário Internacional 2022

Fonte: Adaptado de WHO (2023a).

2.1.2 Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas

Um grupo de pesquisadores desenvolveu o Índice de Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas, em inglês *Infectious Disease Vulnerability Index* (IDVI), com o objetivo de avaliar potenciais focos de doenças futuras, reconhecendo, entretanto, que o RSI da OMS também visa aumentar a segurança sanitária global (MOORE, Melinda, GELFELD, *et al.*, 2016).

A avaliação da vulnerabilidade, publicada em 2016, baseou-se em uma prova de conceito do ano anterior, no contexto do surto de Ebola. O índice utilizou um conjunto de fatores e medidas, com pesos ajustáveis, para avaliar todos os países do mundo, sendo aplicável a todas as doenças infecciosas propensas a surtos. O IDVI é composto por sete domínios, incluindo o político, o econômico e o de saúde pública; com cada domínio contendo de 3 a 8 fatores associados, totalizando 37 indicadores (Quadro 2) provenientes de organizações como o Banco Mundial, OMS e outras entidades internacionais, que foram utilizados para criar um índice destinado à identificação e classificação de países potencialmente vulneráveis (MOORE, Melinda, GELFELD, *et al.*, 2016).

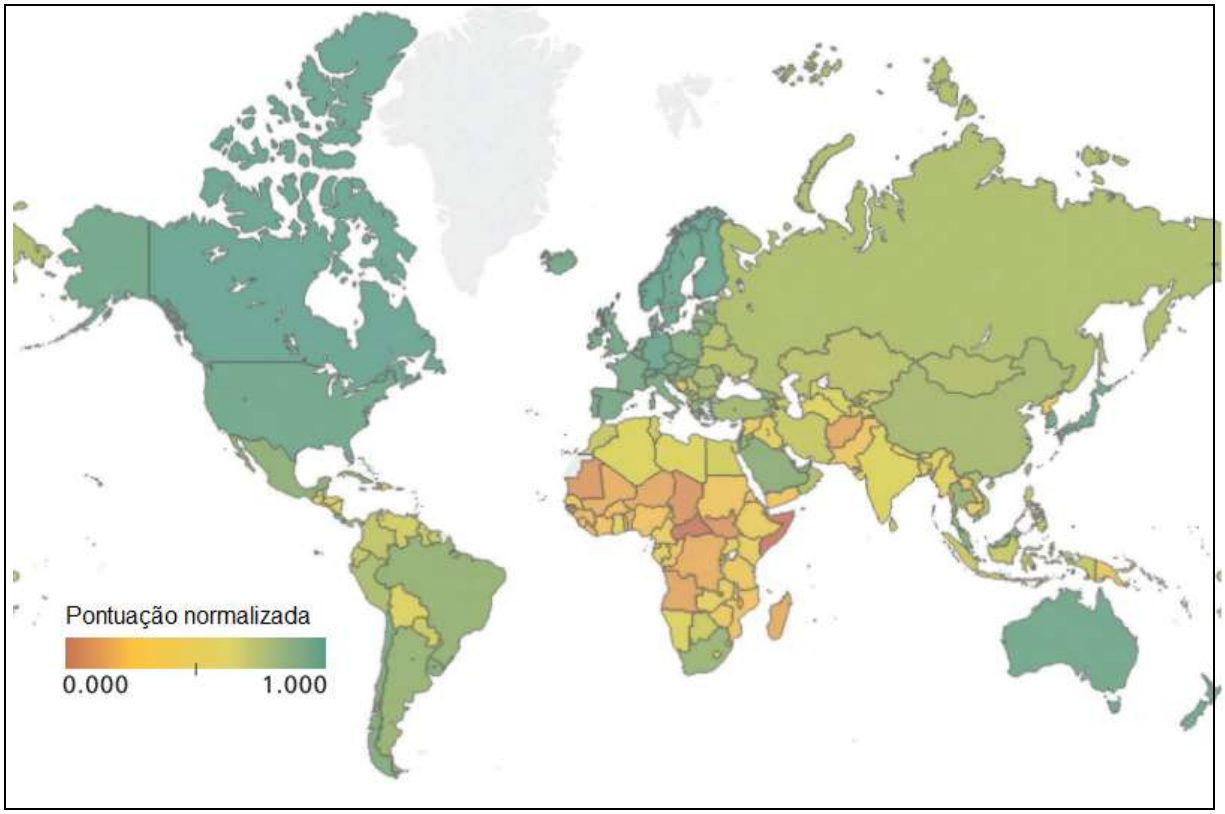
Quadro 2 – Habilidade das nações para prevenir ou conter um surto de doença

Domínio	**Fatores**
1. Demográfico	1.1. Densidade Populacional 1.2. Urbanização 1.3. Crescimento populacional 1.4. Educação/alfabetização 1.5. Mobilidade populacional
2. Assistência médica	2.1. Força de trabalho médica 2.2. Despesas médicas 2.3. Infraestrutura médica 2.4. Resultados de saúde
3. Saúde pública	3.1. Prestação de serviços de saúde 3.2. Água, saneamento, higiene 3.3. Infraestrutura básica de saúde pública 3.4. Pontuação de capacidade do Regulamento Sanitário Internacional (RSI) 3.5. Pacotes de ação Agenda Global de Segurança da Saúde (GHSA)
4. Dinâmica da Doença	4.1. Precipitação 4.2. Temperatura 4.3. Mudanças no uso da terra
5. Político-Doméstico	5.1. Governança 5.2. Democracia 5.3. Corrupção 5.4. Estabilidade 5.5. Prestação de serviços 5.6. Conflito 5.7. Descentralização 5.8. Direitos humanos
6. Político-Internacional	6.1. Suporte de ajuda 6.2. Dependência de ajuda 6.3. Continuidade da ajuda 6.4. Apoio de organizações internacionais 6.5. Organizações internacionais/apoio bilateral de doadores 6.6. Colaboração
7. Econômico	7.1. Força econômica 7.2. Crescimento econômico 7.3. Desenvolvimento econômico 7.4. Infraestrutura de transporte 7.5. Infraestrutura tecnológica 7.6. Infraestrutura de comunicações

Fonte: Adaptado de MOORE et al (2016).

Como resultado, o relatório gerado pelos autores apresentou um mapa de calor refletindo as pontuações normatizadas para todos os países do mundo, no que se refere à vulnerabilidade a surtos de doenças infecciosas (Figura 2). Além disso, uma lista classificatória foi elaborada, ordenando os países conforme sua vulnerabilidade (MOORE, Melinda, GELFELD, *et al.*, 2016).

Figura 2 – Distribuição global do Índice de Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas



Nota: O sombreamento da cor vai do vermelho escuro (mais vulnerável) ao verde escuro (menos vulnerável).

Fonte: Adaptado de MOORE et al. (2016).

Os autores não se surpreenderam pelo fato de 22 dos 25 países mais vulneráveis estarem localizados na África. No entanto, realizaram uma comparação entre sete países afetados pelo Ebola em 2014 e concluíram que uma alta pontuação de vulnerabilidade, por si só, não implica necessariamente em maus resultados em relação a surtos de doenças. Em particular, observaram que países de baixa renda poderiam superar desafios econômicos e tornar-se mais resilientes aos problemas de saúde pública (MOORE, Melinda, GELFELD, *et al.*, 2016).

O relatório também destacou a interconexão entre o desenvolvimento econômico, a estabilidade política e a vulnerabilidade a doenças infecciosas. Os autores sugerem, portanto, que ações para fortalecer os sistemas de saúde fracos, especialmente no campo da saúde pública, como vigilância, testes laboratoriais, detecção de surtos e medidas de controle, são essenciais para combater a transmissão de doenças infecciosas (MOORE, Melinda, GELFELD, *et al.*, 2016).

Entre os 195 países avaliados, o relatório listou a Alemanha, os Estados Unidos e a França como os países menos vulneráveis a doenças infecciosas, seguidos pelo Brasil e pela

China, com a Índia sendo identificada como o país mais vulnerável (Tabela 2). Esses dados, no entanto, não refletem a realidade observada em relação ao número de casos reportados por Covid-19, conforme mencionado na introdução.

Tabela 2 – Índice de Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas de países relevantes

País	**Ordem**	**Índice Geral**	**Demo-gráfico**	**Assis-tência médica**	**Saúde pública**	**Dinâmi-ca da Doença**	**Político-Doméstico**	**Político-Internacional**	**Econô-mico**
Alemanha	192	0,97	0,89	0,87	0,99	0,60	0,91	0,92	0,86
Estados Unidos	188	0,93	0,80	0,80	0,97	0,38	0,90	0,92	0,88
França	173	0,86	0,90	0,76	0,86	0,42	0,83	0,92	0,78
Brasil	148	0,72	0,87	0,68	0,89	0,35	0,55	0,75	0,49
China	129	0,66	0,80	0,66	0,91	0,73	0,35	0,77	0,52
Índia	71	0,49	0,53	0,41	0,61	0,44	0,47	0,55	0,34

Fonte: Adaptado de MOORE et al. (2016).

2.1.3 Análise de Fatos e Dados Epidemiológicos

Conforme mencionado na subseção anterior, ao término do estudo sobre o Índice de Vulnerabilidade a Doenças Infecciosas, MOORE et al. (2016) enfatizam a necessidade de fortalecimento da vigilância das doenças, em consonância com as diretrizes do RSI.

O RSI, além de abordar a capacidade de vigilância propriamente dita, com indicadores de alerta precoce (C.5.1) e de ocorrências (C.5.2), contempla também outras ações essenciais de vigilância, como a capacidade de testagem laboratorial (C.4.4), gestão de emergências (C.7), gestão de casos (C.8.1), prevenção e controle de infecções (C.9.1) e vigilância das infecções (C.9.1) (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

Ao analisar as capacidades de vigilância na autoavaliação em 2022 pelos países relevantes (Figura 3), observa-se que apenas o Brasil e a China não atingiram a pontuação máxima (Nível 5) na capacidade de vigilância. No entanto, outros indicadores demonstraram destaque significativo, com classificação nos Níveis 2 e 3 para a maioria dos países, exceto a China.

Figura 3 – Regulamento Sanitário Internacional 2022 por capacidade 4 a 9

Organização Mundial da Saúde
e-SPAR

Relatório Anual de Autoavaliação dos Estados Partes sobre a implementação do Regulamento Sanitário Internacional
Pontuação por capacidade e indicador 2022 Atualizado em 29-05-2023

		Capacidade 4 LABORATÓRIO – Pontuação por indicador					Total	Capacidade 5 VIGILÂNCIA – Pontuação		Total
	Média	C.4.1	C.4.2	C.4.3	C.4.4	C.4.5	C.4	C.5.1	C.5.2	C.5
AVG Capacidade Global	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
AFRO	52	[illegible]	47	57	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
AMRO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
EMRO	[illegible]	[illegible]	60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	72	[illegible]	[illegible]	[illegible]
EURO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
SEARO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
WPRO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Região / Estado Parte do RSI	Média	C.4.1	C.4.2	C.4.3	C.4.4	C.4.5	C.4	C.5.1	C.5.2	C.5
AMRO Brasil	[illegible]	100	40	[illegible]	[illegible]	100	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
WPRO China	[illegible]	[illegible]	100	100	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	100	[illegible]
EURO França	[illegible]	60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
EURO Alemanha	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
SEARO India	[illegible]	60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
AMRO Estados Unidos da América	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

	Capacidade 6 RECURSOS HUMANOS – Pontuação		Total	Capacidade 7 GESTÃO DE EMERGÊNCIAS – Pontuação por			Total	Capacidade 8 PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE – Pontuação por			Total	Capacidade 9 PREVENÇÃO E CONTROLE DE INFECÇÕES (PCI) – Pontuação por			Total
	C.6.1	C.6.2	C.6	C.7.1	C.7.2	C.7.3	C.7	C.8.1	C.8.2	C.8.3	C.8	C.9.1	C.9.2	C.9.3	C.9
AVG Capacidade Global	[illegible]	54	60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	59	[illegible]	[illegible]
AFRO	55	36	46	51	[illegible]	57	58	[illegible]	53	57	[illegible]	53	40	44	46
AMRO	[illegible]	53	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	58	[illegible]
EMRO	[illegible]	58	60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	57	[illegible]	[illegible]
EURO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
SEARO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	56	60	59
WPRO	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Região / Estado Parte do RSI	C.6.1	C.6.2	C.6	C.7.1	C.7.2	C.7.3	C.7	C.8.1	C.8.2	C.8.3	C.8	C.9.1	C.9.2	C.9.3	C.9
AMRO Brasil	[illegible]	[illegible]	50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	60	40	40	47	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
WPRO China	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
EURO França	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
EURO Alemanha	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
SEARO India	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	60	60	40	53
AMRO Estados Unidos da América	60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Legenda (Quadro 1)

Fonte: Adaptado de WHO (2023).

Dado que as capacidades laboratoriais (C.4), os recursos humanos (C.6), a prestação de serviços de saúde (C.8) e a prevenção e controle de infecções (C.9) se destacam como elementos cruciais, os quais podem impactar diretamente no controle de emergências de saúde como a pandemia de Covid-19, torna-se de extrema relevância a análise de aspectos relacionados à testagem e vacinação, fundamentais para a avaliação dos dados epidemiológicos.

2.1.3.1 Testagem

A testagem laboratorial fiável e tempestiva é essencial e deve ser garantida pelos Estados Partes, considerando o trabalho laboratorial como um componente fundamental da vigilância, preparação e resposta, conforme definido no Regulamento Sanitário Internacional (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

O indicador relacionado ao sistema de encaminhamento e transporte de amostras (C.4.1), avaliado com pontuação 60, Nível 3, em dois países (França e Índia) (Figura 3), pode representar um obstáculo ao processamento eficiente das análises laboratoriais, uma vez que o transporte inadequado de amostras pode atrasar o resultado dos testes. Países classificados no Nível 4 são autoavaliados como estando organizados de maneira sistemática para o diagnóstico e/ou confirmação de todas as doenças prioritárias, enquanto aqueles classificados em Nível 5 possuem sistemas sustentáveis de encaminhamento que são revisados, avaliados e atualizados regularmente, com cobertura abrangente em todos os níveis (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

No caso do Brasil, a implementação de regimes de biossegurança e bioproteção (C.4.2) está presente apenas em alguns laboratórios nacionais, Nível 2. Essa fragilidade pode contribuir para a demora nas análises dos testes e no acesso oportuno aos resultados, o que prejudica a tomada de decisões por parte dos pacientes e das autoridades sanitárias. Este cenário está associado também o Indicador C.6.2, autoavaliado no Nível 1 (em vermelho), no qual o Brasil declara a inexistência ou o não desenvolvimento um plano estratégico nacional multissetorial para o reforço do pessoal em situações de emergência. De acordo com o RSI, a disponibilidade de pessoal de vigilância, como equipes de rastreio de contatos, é essencial para fortalecer a resiliência das comunidades e garantir a continuidade dos serviços de saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

A testagem, portanto, se configura como uma medida de controle de doenças de fundamental importância. No início da pandemia de Covid-19, a OMS recomendou a realização de testes em massa e o rastreamento baseado em aplicativos, além da estruturação dos sistemas de saúde (BEDFORD, ENRIA, *et al.*, 2020, KUCHARSKI, KLEPAC, *et al.*, 2020).

Apesar das recomendações de epidemiologistas e autoridades sanitárias, muitos países enfrentaram escassez de kits e reagentes para testes padrão, o que incentivou grupos de pesquisa ao redor do mundo a desenvolver novos testes rápidos (CALLAWAY, LEDFORD, *et al.*, 2020).

Cada novo caso confirmado pode implicar em dezenas de contatos próximos (como familiares e colegas de trabalho), razão pela qual a OMS indica como medida a taxa de positividade (proporção de testes positivos) inferior a 10%. Uma taxa de positividade baixa sugere uma escala adequada de rastreamento de contatos, enquanto taxas mais altas indicam subnotificação e possíveis falhas de rastreamento (SACHS, ABDOOL KARIM, *et al.*, 2020).

2.1.3.2 Vacinação

A vigilância epidemiológica desempenha papel fundamental na implementação de campanhas de vacinação e no monitoramento de doenças. Esse processo tem sido responsável por erradicação de diversas doenças, embora a manutenção desse êxito exija um esforço constante (PERDIGÃO, HERLINGER, *et al.*, 2012).

O RSI enfatiza a importância de mecanismos para o envolvimento sistemático da comunidade em situações de emergência de saúde pública. Esse envolvimento deve incluir a análise e integração de dados sociodemográficos, comportamentais e epidemiológicos, que

são cruciais para informar a tomada de decisões, especialmente no que diz respeito à confiança na vacinação e à distribuição de vacinas (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

O desenvolvimento de vacinas é tradicionalmente um processo prolongado, com duração de 10 a 15 anos. Contudo, os esforços colaborativos e acesso a tecnologias de ponta permitiram a aprovação de vacinas contra a Covid-19 em um período extraordinariamente curto de nove meses após a identificação do vírus, com eficácia variando de 50% a 95% (KUMAR, DOWLING, *et al.*, 2021). A OMS considera 50% como limite mínimo de eficácia aceitável para uma vacina (FERNÁNDEZ, KANG, *et al.*, 2020).

Embora a vacinação tenha avançado substancialmente, o surgimento de novas mutações e variantes do vírus continua a ser uma preocupação para autoridades e economias ao redor do mundo. Em resposta, a OMS recomendou a manutenção das medidas de saúde pública e sociais, além de outras intervenções de prevenção e controle de infecções, que têm se mostrado eficazes na redução da incidência de casos de Covid-19, hospitalizações e mortes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021). A correlação entre os números de casos/óbitos e as taxas de vacinação pode servir como um indicador poderoso para avaliar o controle da doença, uma vez que uma cobertura vacinal adequada é necessária para proteger a população de forma eficaz (FUKUTANI, BARRETO, et al., 2021).

Em relação à implementação do RSI, em 2022, o Brasil ainda autoavalia nos níveis 2 e 3 quanto à capacidade de prestação de serviços de saúde (C.8), destacando-se o Indicador C.8.3 (Figura 3). Embora tenha sido definido um pacote de serviços essenciais de saúde, ainda não foram elaborados planos ou orientações claras para garantir a continuidade desses serviços em situações de emergência. A OMS ressalta que sistemas nacionais de saúde resilientes são fundamentais para que os países possam prevenir, detectar, responder e se recuperar de emergências de saúde pública (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

Por outro lado, a Índia se autoavalia nos níveis 2 e 3 quanto à capacidade de prevenção e controle de infecções (C.9) (Figura 3). Embora existam orientações e estratégias implementadas em algumas unidades de saúde, a OMS destaca que a existência de programas robustos e eficazes de prevenção e controle de infecções é essencial para garantir a prestação segura de cuidados de saúde e serviços essenciais, bem como a prevenção e o controle de surtos em todo o sistema de saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

2.1.3.3 Vigilância Epidemiológica da Covid-19

No site oficial, a Organização Mundial de Saúde disponibiliza gráficos e tabelas com dados brutos sobre casos confirmados, óbitos notificados e doses de vacinas administradas para a vigilância epidemiológica da Covid-19. No entanto, a organização não apresenta indicadores ou índices específicos relacionados a esses dados (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023b). Algumas instituições, por sua vez, utilizam essas informações fornecidas pela OMS para a análise e monitoramento da pandemia.

A autoridade sanitária europeia, o Centro Europeu de Prevenção e Controle de Doenças (ECDC), disponibiliza publicações e dados sobre vacinação, taxas e indicadores combinados, como a taxa de notificação, a taxa de testes realizados e a positividade dos testes (EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (ECDC), 2021).

A equipe de inteligência epidemiológica do ECDC coleta e refina dados diários sobre novos casos e mortes associadas à Covid-19, com base em relatórios fornecidos pelas autoridades de saúde de diversos países. Assim, os dados, taxas, indicadores e relatórios gerados pelo centro europeu são frequentemente utilizados e citados em diversos estudos (BARBAROSSA, FUHRMANN, *et al.*, 2020, BRITO, SEMENOVA, *et al.*, 2022, CARTAXO, BARBOSA, *et al.*, 2021, GEUBBELS, BACKER, *et al.*, 2023, KOLIAS, 2022, PANA, BHATTACHARYA, *et al.*, 2021, SACHS, ABDOOL KARIM, *et al.*, 2020, WYPER, ASSUNÇÃO, *et al.*, 2020).

2.1.4 Fator Econômico

O fator econômico está intrinsecamente relacionado à vulnerabilidade a doenças infecciosas e pode ser considerado a partir de diversas perspectivas, como força econômica (PIB per capita), crescimento econômico (taxa de crescimento do PIB per capita), ou desenvolvimento econômico (índice de desenvolvimento humano), conforme MOORE et al. (2016), Quadro 2.

No entanto, a tentativa de associar o fator econômico a outros elementos em um único índice não permitiu às autoridades de saúde e à comunidade científica identificar com clareza os países mais vulneráveis à pandemia de Covid-19, como observado. No relatório do IDVI, os Estados Unidos, Alemanha e França apresentam um fator econômico significativamente superior ao da China, Brasil e Índia (Tabela 2), nesta ordem.

Por outro lado, correlacionar o controle epidemiológico da Covid-19 com um indicador econômico específico do mesmo período pode oferecer uma análise mais precisa

sobre os fatores determinantes durante a pandemia. Neste contexto, o crescimento do PIB foi escolhido como indicador para a correlação definida neste estudo, uma vez que o PIB é amplamente utilizado como referência nas comparações internacionais do tamanho das economias dos diversos países, pois é uma medida monetária do valor de mercado de todos os bens e serviços finais produzidos e vendidos (não revendidos) por um país em um determinado período de tempo (SHI, LING, *et al.*, 2023).

Diferentemente de medidas como mandatos de máscara, diretrizes de distanciamento físico e outras respostas políticas, vários fatores contextuais ajudam a explicar as variações nos níveis de infecções por SARS-CoV-2 entre os países. Entre esses fatores, o PIB per capita representa uma proporção significativa (BOLLYKY, HULLAND, *et al.*, 2022). Por essa razão, o distanciamento físico não foi considerado na correlação, tampouco incluído no índice de controle da Covid-19, uma vez que o distanciamento é uma medida que visa melhorar o controle da pandemia e, portanto, está refletido nos resultados dos indicadores tanto de risco de Covid-19 quanto do PIB.

Cabe ressaltar que o distanciamento social é um tema central na literatura econômica, sendo adotado como ação política principalmente na ausência de medicamentos e vacinas eficazes para minimizar as consequências da Covid-19. As medidas de contenção e mitigação se configuram como as principais intervenções; sendo a contenção voltada para minimizar o risco de transmissão, por meio da detecção precoce de casos, rastreamento de contatos e, se necessário, confinamento das pessoas afetadas. A mitigação, por sua vez, visa amenizar os efeitos da doença e reduzir o pico de casos por meio de cuidados de saúde, com destaque para o distanciamento social, incluindo “confinamento” total e fechamento de escolas, que acarretam elevados custos econômicos devido à perda de produtividade resultante do absentismo dos pais no ambiente de trabalho (OECD, 2020).

Esse custo também foi amplamente discutido em relação ao aumento rápido da dívida e do déficit nos países, como consequência da Covid-19 e seu impacto econômico, que gerou um crescimento das despesas e o colapso das receitas. Em resposta, diversas iniciativas têm sido sugeridas para ajudar os países a fortalecer suas instituições, visando à estabilidade econômica e ao crescimento (IMF, 2020).

Portanto, como lição e aprendizado, uma análise de riscos epidemiológicos, aliada a um protocolo de emergência para mediar respostas a crises futuras, deve incluir a instrumentalização de ações mais localizadas, especialmente em cenários de crises que afetem apenas determinadas regiões dentro de um país (THE WORLD BANK, 2021).

2.2 Publicações científicas sobre Covid-19 e economia

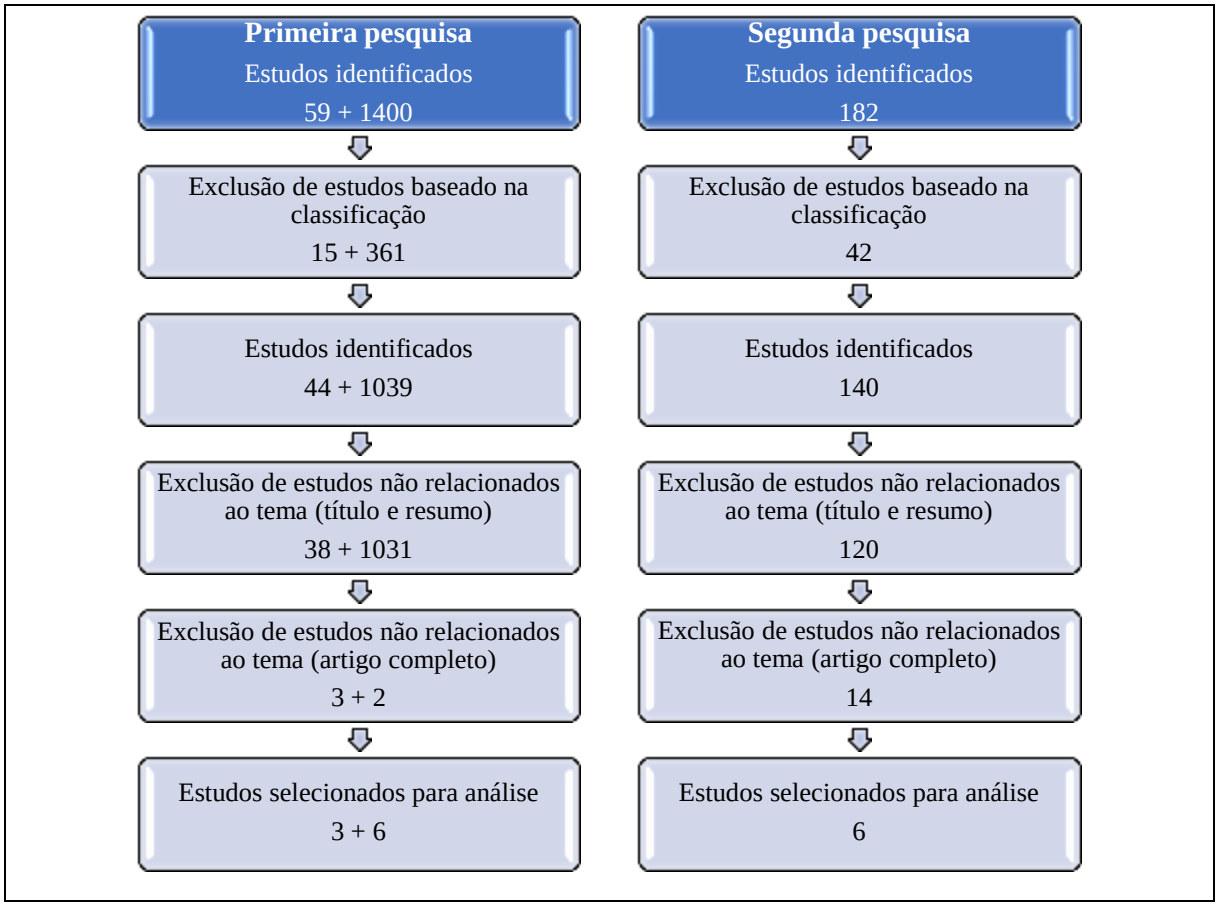
O levantamento e análise das publicações científicas sobre o controle da Covid-19 com a economia permitiram identificar o estado da arte sobre o tema, as lacunas de pesquisa existentes e definir os objetivos específicos da tese, por meio de revisão de literatura.

No contexto desta tese, realizada como uma pesquisa exploratória, a revisão de literatura foi adotada, utilizando fontes bibliográficas disponíveis em artigos publicados em periódicos internacionais (SALES, JÚNIOR, *et al.*, 2015). A revisão de literatura foi conduzida por meio de duas pesquisas distintas: a primeira para identificar o estado da arte do tema, conforme as lacunas de pesquisa previamente selecionadas, e a segunda para verificar as questões ainda não abordadas sobre o tópico. O processo seguiu as seguintes etapas: (1) formulação dos termos de pesquisa, (2) definição de critérios de inclusão e exclusão, (3) seleção e pesquisa de fontes, (4) leitura de títulos e/ou resumos, e (5) leitura completa dos artigos.

O intuito dessa revisão foi compreender o panorama global do equilíbrio entre o controle da transmissão da Covid-19 e a economia, conforme descrito na justificativa do estudo.

A primeira pesquisa foi conduzida nas bases *PubMed* e *ScienceDirect*. A *PubMed*, com a predominância de artigos da área da saúde e a *ScienceDirect*, abrangendo diversos temas, foram utilizadas para o período de 1º de janeiro de 2020 a 24 de maio de 2024. As duas bases apresentaram apenas três artigos em comum. No entanto, a pesquisa resultou em um número significativo de estudos que não analisaram a correlação entre a transmissão da Covid-19 e a economia, o que motivou a realização de uma segunda pesquisa (Figura 4).

Figura 4 – Processo de Seleção de Pesquisas e Estudos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na primeira pesquisa, a formulação dos termos de pesquisa incluiu palavras-chave relacionadas a países, Covid-19 e economia. Dentro do escopo do controle, foram considerados aspectos como monitoramento e avaliação, incluindo dados epidemiológicos sobre testagem e vacinação, além de casos e mortes, conforme fundamentado na seção anterior. As combinações de palavras-chave foram definidas da seguinte forma em inglês: (((vaccination) AND (testing) AND (covid) AND (control) AND (countries) AND ((economic) OR (economy)) AND ((evaluation) OR (monitoring))).

Na segunda etapa, que envolveu a definição de critérios de inclusão e exclusão, os critérios de inclusão foram: a) pertinência ao tema; b) idioma inglês; c) artigos de pesquisa publicados em revistas científicas; d) publicações a partir de 2020; e) artigo que abordam a correlação entre controle epidemiológico e econômico. Os critérios de exclusão foram: a) publicações classificadas como Editorial, Revisão, Revisão Sistemática, Estudo Clínico, Enciclopédia, Capítulos de Livros, Resumos, Relatos de Casos, Correspondência, Comunicações Curtas, Discussão, Notícias, Diretrizes Práticas, Outro; b) estudos que não realizam a correlação entre controle da transmissão da Covid-19 e PIB dos países, como

opiniões, entrevistas, análises locais (limitadas a um único país), aceitação e eficácia da vacina, eficácia da testagem, medidas de intervenção, previsão de epidemias, mercado financeiro ou outros indicadores que reflitam apenas uma parte da economia.

Na busca realizada no *PubMed*, foram encontrados 59 estudos. Após a aplicação dos filtros da plataforma, 15 estudos foram excluídos por serem classificados como Editorial (1), Estudo Clínico (1), Revisão (10), Revisão Sistemática (3). Assim, restaram 44 estudos para a leitura dos títulos e, quando necessário, resumos. Desses, 38 foram excluídos, restando seis (6) para a leitura completa.

Na pesquisa na *ScienceDirect*, inicialmente foram encontrados 5.555 publicações em inglês. Ao aplicar o filtro para selecionar publicações que contivessem os termos "correlação" ou "associação" no título, resumo ou palavras-chaves, foram identificados 1.400 estudos. Utilizando outros filtros da plataforma, foram excluídos artigos classificados como: Artigos de Revisão (255), Enciclopédia (9), Capítulos de Livros (48), Resumos de Conferências (5), Relatos de Casos (5), Correspondência (2) Discussão (6), Editoriais (1), Mini Revisões (2) Notícias (1), Diretrizes Práticas (7), Comunicações Curtas (15), Outros (4). Assim, restaram 1.039 artigos de pesquisa para a leitura de títulos e/ou resumos, dos quais 1.031 foram excluídos, resultando em oito (8) artigos para a leitura completa.

Dessa forma, ao revisar os títulos ou resumos de 1.084 artigos das duas bases (Tabela 3), foram selecionados 14 artigos para a leitura completa. Na terceira etapa, seleção e pesquisa de fontes, foram escolhidos nove (9) estudos, três (3) da *PubMed* e seis (6) do *ScienceDirect*, por apresentarem uma análise da correlação entre os dados epidemiológicos da Covid-19 e os aspectos econômicos (Tabela 4).

Tabela 3 – Artigos selecionados para leitura dos títulos e/ou resumos por periódico

Título de publicação	*PubMed*	*ScienceDirect*
Vaccine	1	78
Heliyon		37
Social Science & Medicine		33
International Journal of Infectious Diseases		24
Environmental Research		22
Public Health		21
eClinicalMedicine	1	19
The Lancet Regional Health - Americas	1	19
Science of The Total Environment		18
Vaccine: X		18
Journal of Affective Disorders		13
Journal of Infection and Public Health		11
International Journal of Disaster Risk Reduction		11
Sustainable Cities and Society		10
SSM - Population Health		10
The Lancet Regional Health - Western Pacific		10
The Lancet	1	8

IJID Regions		8
Preventive Medicine Reports		7
Chaos, Solitons & Fractals		6
Personality and Individual Differences		6
Journal of Psychiatric Research		5
Physica A: Statistical Mechanics and its Applications		5
European Journal of Operational Research		5
The Lancet Infectious Diseases		5
PLoS One	4	
BMC Public Health	3	
BMJ Open	2	
Frontiers in Public Health	2	
JMIR Public Health Surveill	2	
PLoS Comput Biol	2	
Vaccines (Basel)	2	
Outros com 1 artigo cada: Afr J AIDS Res; BMC Infect Dis; Curr Pediatr Rev; Elife; Global Health; Health Policy; Infect Dis Poverty; Infection; Int J Environ Res Public Health; Int J Health Plann Manage; J Assoc Physicians India; J Med Ethics; J Psychiatr Pract; Journal of Public Health; The Lancet Public Health; The Lancet Reg Health Eur; mSphere; Nonlinear Dyn; Proc Natl Acad Sci U S A; Sci Data; Sci Rep; Swiss Med Wkly; Wellcome Open Res	23	
Total	44	1.039

Fonte: dados da pesquisa elaborada pelo autor.

Tabela 4 – Artigos selecionados na primeira pesquisa por periódico por ano por correlação

Artigo	Periódico	Ano	Correlação
The impact of delayed access to COVID-19 vaccines in low- and lower-middle-income countries.	*Front Public Health*	2023	Casos (idade, testes) x PIB
Worldwide inverse correlation between Bacille Calmette-Guérin (BCG) immunization and COVID-19 mortality.	*Infection*	2021	Casos, mortes x PIB, teste etc.
Country-level determinants of the severity of the first global wave of the COVID-19 pandemic: an ecological study.	*BMJ Open*	2021	Mortalidade x PIB etc.
Associations between institutional-social-ecological factors and COVID -19 case-fatality: Evidence from 134 countries using multiscale geographically weighted regression (MGWR)	*One Health*	2023	taxa de letalidade x PIB etc.
Exploring COVID-19 transmission patterns and key factors during epidemics caused by three major strains in Asia	*Journal of Theoretical Biology*	2023	Casos, mortes x PIB etc.
Relative deprivation, inequality and the Covid-19 pandemic.	*Social Science & Medicine*	2023	Casos x PIB etc.
Pandemic preparedness and COVID-19: an exploratory analysis of infection and fatality rates, and contextual factors associated with preparedness in 177 countries, from Jan 1, 2020, to Sept 30, 2021	*The Lancet*	2022	Tx de infecção e fatalidade x variação PIB
Pattern and determinants of COVID-19 infection and mortality across countries: An ecological study	*Heliyon*	2021	Casos e mortes x PIB
Cross-country effects and policy responses to COVID-19 in 2020: The Nordic countries	*Economic Analysis and Policy*	2021	Fatalidade x % mudança no PIB

Fonte: dados da pesquisa elaborada pelo autor.

Contudo, nenhum desses estudos analisou o equilíbrio entre controle da transmissão da Covid-19 e o crescimento do PIB durante o mesmo período, considerando os dados epidemiológicos (casos, mortes, testes, vacinação e população).

Para ampliar o estado da arte sobre o tema, uma segunda pesquisa foi realizada, abordando as publicações científicas que tentaram preencher a lacuna identificada na pesquisa desta tese, com base no artigo publicado por Salyer e colegas (2021). Dos 182 estudos que

citaram o artigo, 42 foram excluídos, por se tratarem de publicações classificadas como Editorial, Ensaio Clínico, Pré-impressão, Relato de Caso, Revisão, Revisão Sistemática. 20 artigos foram selecionados para leitura de títulos e resumos por conter, como critério de inclusão, palavra relacionada à economia, como "*economic*", "*economies*", "*economy*".

Destes, seis (6) estudos apresentaram uma correlação entre os dados epidemiológicos e a economia, sendo selecionados para a leitura completa e incluídos como possíveis trabalhos relacionados (Tabela 5).

Tabela 5 – Artigos na segunda pesquisa por periódico por ano por correlação

Artigo	Periódico	Ano	Correlação
Main modulators of COVID-19 epidemic in sub-Saharan Africa	*Heliyon*	2023	mortalidade x variáveis socioeconômicas etc.
Spatio-temporal evolution of the COVID-19 across African countries	*Front Public Health*	2022	reprodução x variáveis econômicas etc.
Global disparities in SARS-CoV-2 genomic surveillance	*Nat Commun*	2022	casos x variáveis socioeconômicas etc.
Multiple introduced lineages and the single native lineage co-driving the four waves of the COVID-19 pandemic in West Africa	*Front Public Health*	2022	mortalidade x variáveis socioeconômicas etc.
*Mortality in Four Waves of COVID-19 Is Differently **Associated** with Healthcare Capacities Affected by **Economic** Disparities*	*Front Public Health*	2022	mortalidade x fatores econômicos etc.
Understanding the COVID-19 pandemic prevalence in Africa through optimal feature selection and clustering: evidence from a statistical perspective	*Trop Med Infect Dis*	2022	prevalência x variáveis socioeconômicas etc.

Fonte: dados da pesquisa elaborada pelo autor.

Quatro (4) estudos realizaram a correlação entre países da região africana, enquanto dois (2) abordaram uma perspectiva global. No entanto, nenhum estudo analisou a correlação entre o controle da transmissão da Covid-19 (considerando os dadosde casos, mortes, testes, vacinação e população) e o crescimento do PIB no mesmo período.

2.3 Trabalhos relacionados

A partir da análise da literatura científica, foram identificados 15 trabalhos diretamente relacionados a esta tese. Estes estudos abordam a correlação entre dados epidemiológicos da Covid-19 e Produto Interno Bruto (PIB) dos países.

Destes, sete estudos utilizam exclusivamente os dados de casos e/ou mortes por Covid-19:

- Pana e colegas (2021) investigaram os determinantes da gravidade da primeira onda da pandemia de Covid-19, concluindo que a taxa média de mortalidade até 8 de junho de 2020 foi significativamente associada ao PIB per capita de 2018 (correlação de 0,28) em 37 países.

- Asem e colegas (2021) apontaram que o PIB não apresentou significância estatística como determinante da infecção e mortalidade por Covid-19 durante os primeiros seis meses da pandemia, em uma amostra de 18 países selecionados aleatoriamente ao redor do mundo, sem apresentar valores específicos dessa correlação.
- Li (2021), ao investigar fatores que impactaram a pandemia, identificou uma correlação significativa entre PIB per capita de anos anteriores e as mortes por Covid-19 por milhão de habitantes (correlação de 0,39), bem como os casos de Covid-19 por milhão de população (correlação de 0,36), considerando todos os países e regiões do mundo com dados reportados em 1º de agosto de 2020.
- Yao e colegas (2022) encontraram uma correlação positiva entre a taxa de mortalidade até 21 de janeiro de 2022 em 119 países e regiões e o PIB per capita de 2019 (correlação de 0,346) durante a primeira onda da pandemia, mas uma correlação negativa nas ondas subsequentes.
- Naffeti e colegas (2022) concluíram que o número de reprodução (casos acumulados) calculado no início de cada onda até Março de 2022 teve uma correlação significativa com o PIB (correlação de 0,72) entre 30 países africanos, observando que os com maior PIB per capita experimentaram uma primeira onda mais significativa.
- Sidibé e colegas (2022) observaram uma forte correlação positiva entre os dados de prevalência da Covid-19 (casos e mortes) de 14 de Fevereiro de 2020 a 31 de Março de 2022 e o PIB per capita de 2021 (correlações de 0,71, 0,64, respectivamente) para 54 países africanos.
- Brito e colegas (2022) investigaram a resposta de vigilância genômica do SARS-CoV-2 em 189 países e descobriram que o PIB per capita de 2015 estava significativamente associado à porcentagem de casos sequenciados (correlação de 0,37) de março de 2020 a fevereiro de 2022.
- Chakrabarty e colegas (2023) identificaram uma alta correlação positiva entre o PIB per capita e os casos de Covid-19 em abril de 2020, que enfraqueceu posteriormente (de maio a novembro de 2020) à medida que a pandemia se espalhou rapidamente, independentemente do estágio de desenvolvimento dos países (correlações de 0,283 e 0,277), considerando dados de 119 países.

- Zinsou e colegas (2023) concluíram que a mortalidade por Covid-19, entre 14 de fevereiro de 2020 e 18 de maio de 2021, foi positivamente correlacionada com o PIB per capita de 2019 (correlação de 0,44) em 47 países da África Subsaariana.

Além desses, quatro (4) estudos avançaram para analisar a transmissão da Covid-19, criando índices ou até utilizando dados epidemiológicos além de casos e óbitos:

- Duroseau e colegas (2023) analisaram o impacto das desigualdades no acesso a vacinas, concluindo uma correlação negativa moderada (correlação de -0,477) com países de PIB mais alto e os casos acumulados até 31 de maio de 2021, ajustados para população, idade e disponibilidade de dados de teste (sim/não).
- Gao e colegas (2022) criaram índices de epidemias (casos e óbitos) para 16 países, de Março de 2020 a Março de 2022, identificando correlação significativa entre o PIB per capita e os casos e mortes (correlação de 0,58), e também ebtre casos e mortes por milhão (correlação de 0,60).
- Shi e colegas (2023) identificaram o impacto do PIB (correlação de 0,6) na taxa de letalidade (mortes/casos) durante o período de predominância da variante Ômicron, com dados de testes de Covid-19 de 9 de novembro de 2021 a 23 de junho de 2022 em 134 países, concluindo que países com maior PIB apresentaram menor letalidade.
- Tu e colegas (2023) indicaram uma correlação positiva (correlação de 0,83) entre o PIB e a taxa média de crescimento da epidemia entre 45 países na Ásiadurante o período de dominância da cepa Ômicron (janeiro a abril de 2022), com surtos mais fracos, embora a epidemia tenha aumentado mais rapidamente, além de altas taxas de mortalidade e menores taxas de vacinação.

Outros estudos realizaram uma análise estatística diferente, utilizando regressões (que descrevem a relação entre as variáveis), mas não apresentaram informações sobre a correlação entre as variáveis:

- Gordon e colegas (2021) apresentaram uma regressão da variação do PIB anual (2019 para 2020) em relação às mortes per capita por Covid-19 ao final de 2020, considerando 26 países europeus da OCDE, estimando uma relação negativa (-0,003).
- Bollyky e colegas (2022), para 177 países e 181 locais subnacionais, estimaram e padronizaram a taxa de infecção cumulativa e a razão infecção-letalidade (IFR) entre janeiro de 2020 e setembro de 2021, concluindo que o PIB per capita foi um

dos fatores responsáveis pela maior variação nas taxas (4,2% [1,8–6,6]; e 3,1% [0,3–8,6], respectivamente).

Como síntese dos achados, as correlações observadas variaram amplamente, com valores de 0,28 a 0,83, devido às diferentes metodologias adotadas, tipos de dados utilizados e número de países analisados (variando de 16 a todos os países e regiões do mundo com dados disponíveis). No entanto, mesmo entre os estudos que criaram índices ou indicadores, utilizando mais dados epidemiológicos além de casos e óbitos, observou-se que o número de dados reportados sobre vacinação e testes não foi incluído no indicador/índice da Covid-19. Além disso, os dados sobre o PIB também variaram entre os estudos, com a maioria utilizando PIB de anos anteriores ao período dos dados epidemiológicos analisados, de forma que procuraram verificar se a situação econômica anterior afetou a pandemia de Covid-19.

Apesar de não ter sido encontrado estudo relacionado com publicação em 2024 até o momento, e mesmo após a exclusão dos termos relacionados à vacinação e testes da busca descrita na seção 2.2, o PIB continua sendo uma das variáveis socioeconômicas mais relevantes (CANCEDDA, CAPPELLATO, *et al.*, 2024). Assim, permanece a recomendação para a realização de pesquisas quantitativas que incluam a recuperação econômica com uma avaliação internacional (HAN, XU, 2024).Isso é particularmente importante, pois os modelos epidemiológicos-macroeconômicos da Covid-19 têm complexidade variável e atendem a diferentes necessidades, exigindo uma melhor integração entre epidemiologistas e economistas (BONNET, PEARSON, *et al.*, 2024).

Portanto, a análise da correlação entre o controle da transmissão da Covid-19 e o crescimento do PIB durante o mesmo período, objetivo principal desta tese, permanece não resolvido. A análise dos dados epidemiológicos, incluindo casos, mortes, testes, vacinação e população, de forma a compor o controle da Covid-19 para a associação no mesmo período continua sendo um campo de pesquisa inédito.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os métodos e técnicas utilizados no desenvolvimento desta pesquisa, bem como os procedimentos adotados para alcançar os objetivos estabelecidos. Dessa forma, duas seções descrevem o percurso seguido para o desenvolvimento da tese: caracterização da pesquisa e procedimentos metodológicos.

3.1 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa apresentada nesta tese baseou-se na literatura sobre capacidade sanitária internacional e vulnerabilidade a doenças infecciosas para desenvolver um mecanismo de análise da associação do controle da transmissão da Covid-19 e o crescimento do PIB.

Inicialmente, utilizou-se um método científico, entendido como o conjunto dos procedimentos adotados para a comprovação da hipótese, de que países com maior controle da Covid-19 alcançaram melhor desempenho econômico, com a finalidade de gerar conhecimento para ampliar a capacidade sanitária e reduzir as vulnerabilidades (PERDIGÃO, HERLINGER, *et al.*, 2012).

Dessa forma, o tipo de método adotado na tese foi o método hipotético-dedutivo, no qual a partir da teoria da capacidade de controle sanitário, foi formulada a hipótese citada e testada sua validade, com base nos resultados obtidos (CANÇADO, TENÓRIO, *et al.*, 2022).

Para caracterizar o método aplicado neste trabalho, utilizam-se as seguintes classificações:

a) Sob o ponto de vista de sua natureza: pesquisa aplicada

Esta tese configura-se como uma pesquisa aplicada, pois se baseia na utilização de um conjunto de atividades voltadas para a resolução do problema do equilíbrio entre o controle da transmissão da Covid-19 e a economia, com o intuito de ampliar capacidades e reduzir vulnerabilidades nos países. Além disso, busca gerar conhecimento em áreas de atuação amplas, como a gestão social, a administração pública e a economia (PERDIGÃO, HERLINGER, *et al.*, 2012)(FLEURY, WERLANG, 2016). As atividades realizadas estão detalhadas na subseção seguinte, referente aos procedimentos metodológicos.

b) Sob o ponto de vista da forma de abordagem do problema: pesquisa quantitativa

O trabalho seguiu a abordagem quantitativa, pois permite o desenvolvimento de modelos estatísticos para analisar a correlação entre o controle da Covid-19 e a economia, com a possibilidade de generalização dos resultados, dado o grande número de episódios

envolvidos, abrangendo dados de países de todos os continentes (FLEURY, WERLANG, 2017).

Assim, a pesquisa quantitativa foi orientada pela busca pela magnitude dos fenômenos, contemplando todos os dados disponíveis durante o período (desde o primeiro caso de Covid-19 até 10 de agosto de 2021) e as causas subjacentes aos fenômenos sociais. No caso desta pesquisa, o fenômeno analisado foi o equilíbrio entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB, assumindo uma realidade estática, ou seja, focando nos resultados observados durante esse período específico (PERDIGÃO, HERLINGER, *et al.*, 2012).

A pesquisa se classifica como quantitativa, pois descreve os dados epidemiológicos que afetam o risco de infecção e de morte, explicando a composição do controle da doença e prevendo a associação ao crescimento do PIB. Utilizou-se uma abordagem transversal ou longitudinal, devido à diversidade socioeconômica e às variáveis de controle adotadas pelos diferentes países, com o intuito de minimizar possíveis vieses (COOPER, SCHINDLER, 2016).

c) Sob o ponto de vista de seus objetivos: pesquisa exploratória e descritiva

A pesquisa desenvolvida nesta tese é exploratória e descritiva. Ela é exploratória, pois criou uma visão geral do fenômeno do controle da Covid-19, gerando novas ideias para associar esse controle à economia e aprofundando o entendimento sobre a capacidade de controle sanitário. Ao mesmo tempo, a pesquisa é descritiva, pois visou classificar os países, criar categorias com base em fatores de saúde e econômicos e documentar o processo de análise (FLEURY, WERLANG, 2017). Ou seja, esta pesquisa descritiva, com o intuito de alcançar os objetivos estabelecidos nesta tese, não apenas descreveu as características do risco de infecção e de morte na população, mas também analisou o fenômeno do controle da Covid-19 e sua associação ao crescimento do PIB, estabelecendo relações entre as variáveis epidemiológicas e as capacidades de controle dos países (PERDIGÃO, HERLINGER, *et al.*, 2012).

Portanto, buscou-se a aplicar a pesquisa exploratória e descritiva para ampliar o conhecimento sobre os fatos e dados que afetam a transmissão de Covid-19, gerando novas ideias para analisar o controle epidemiológico da emergência de saúde causada pela Covid-19 em diferentes países (primeiro objetivo específico). Além disso, foram utilizadas para descrever as características dos países mais e menos afetados, estabelecendo a correlação entre o controle epidemiológico global e o crescimento do PIB durante a pandemia da Covid-19 em 2020 (segundo objetivo específico).

3.1.1 Procedimentos Técnicos

A metodologia adotada nesta pesquisa, fundamentada na estratégia de pesquisa aplicada, considerou diversas possibilidades em consonância com os procedimentos técnicos utilizados nesta tese (FLEURY, WERLANG, 2017):

- **Pesquisa bibliográfica** – revisões de literatura sobre o controle da Covid-19 e a economia, conforme descrito na seção 2.2;
- **Levantamento** – coleta de informações sobre a capacidade de controle de doenças dos países (seção 2.1);
- **Aplicação de métodos estatísticos** – primeiro nível de comprovação da pesquisa quantitativa – aplicados ao índice de controle de doenças e à correlação com a economia, conforme detalhado a seguir:
    - **Média** – utilizada para suavizar os dados de casos, mortes e pessoas vacinadas, a fim de evitar distorções causadas por falhas na notificação, como atrasos, inconsistências, erros nos sistemas ou outros eventos adversos. Neste contexto, a moda e a mediana não foram aplicadas, pois essas medidas apresentam o valor mais frequente e o valor central, não representando a totalidade da distribuição do conjunto dos dados.
    - **Razão e Proporção** – a razão foi utilizada para calcular o número de testes positivos, comparando dois números (testes realizados e casos registrados); em seguida, a proporção foi verificada para avaliar a relação entre duas razões, considerando que uma taxa de positividade mais alta indica subnotificação, especialmente quando a razão do teste positivo ultrapassa 10%.
    - **Regressão linear** – técnica de análise de dados empregada, inicialmente, para calcular a quantidade de testes de Covid-19 em períodos distintos, uma vez que a fonte de dados fornecia o total acumulado até a data da pesquisa. A partir de duas datas de referência, foi calculada a quantidade acumulada de testes para outros períodos. Além disso, a regressão linear foi aplicada automaticamente ao gerar gráficos para correlacionar o controle da Covid-19 de cada país com o crescimento do PIB. A Correlação de Pearson, que resume o grau de relacionamento entre essas duas variáveis, foi calculada no Excel.
    - **Transformação logarítmica** – como os dados do controle da Covid-19 variam consideravelmente devido às diferenças estruturais entre os países, a

normalização dos dados foi realizada por meio de transformação logarítmica, tanto automaticamente, quanto graficamente, a fim de reduzir vieses e garantir que a regressão linear fosse aplicada a variáveis normalizadas.

- **Análise da associação** – segundo nível de comprovação da pesquisa quantitativa – a correlação entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB foi medida, separando os países em grupos com maior e menor controle, de forma que o método fosse facilmente replicável e comparável.

- **Experimentos naturais** – para aumentar o nível de comprovação – foram realizados estudos observacionais do episódio histórico do controle da Covid-19, com a criação de um banco de dados replicável, ajustado para vieses identificados por organismos competentes. Além disso, uma narrativa teórica foi construída, na qual se defende que o controle da pandemia contribui para o crescimento econômico.

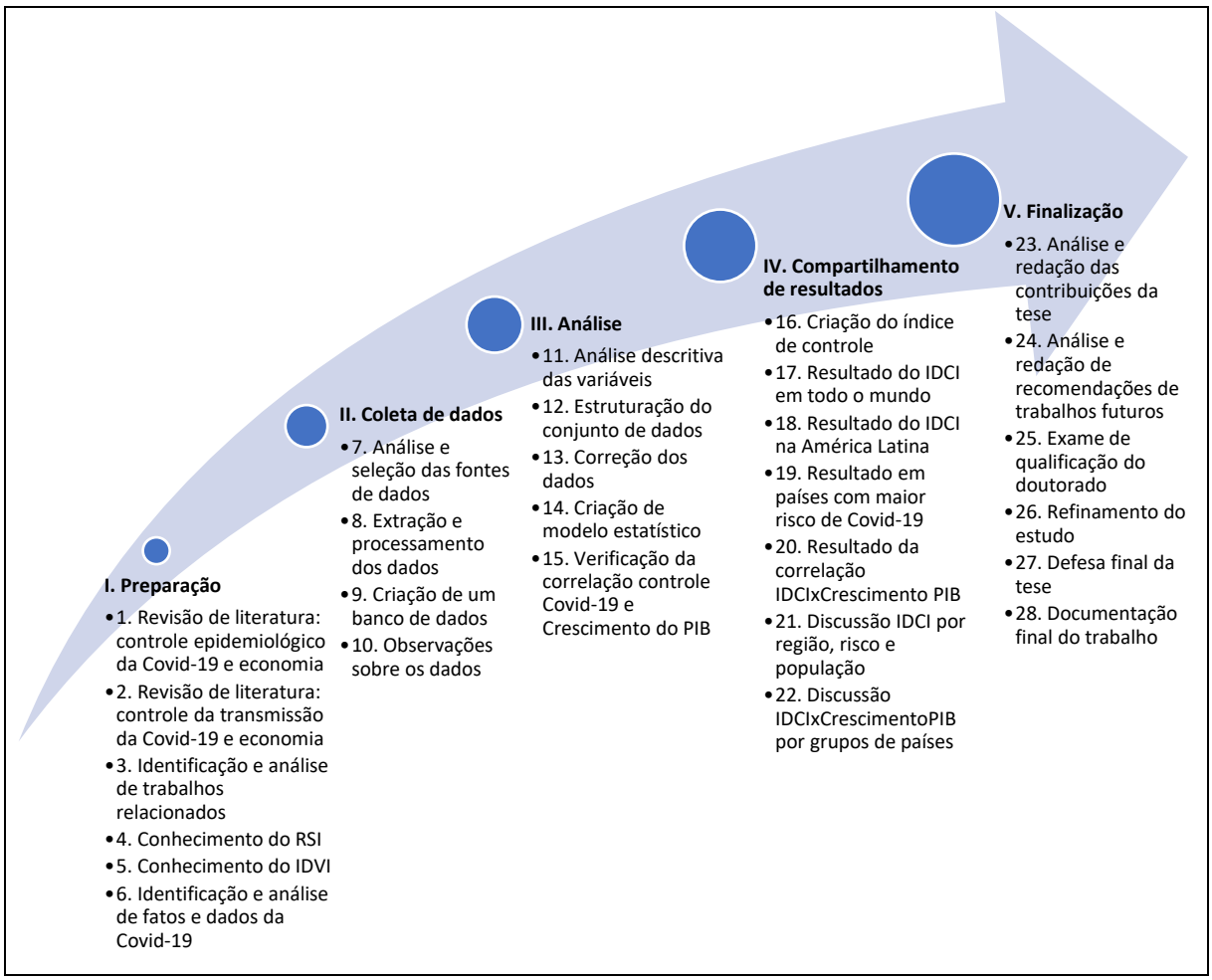
- **Estudo de caso** – utilizado para testar a teoria de que o controle da pandemia contribui para o crescimento econômico. O estudo de caso do Brasil, bem como, dos grupos de países, permitiu realizar comparações e análises detalhadas, tanto dentro quanto fora das regiões.

Este conjunto de procedimentos visou proporcionar uma análise robusta e consistente da relação entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB, com ênfase na replicabilidade e comparabilidade dos resultados obtidos.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Para alcançar os objetivos desta tese, a abordagem adotada para construção da solução proposta, conforme desenho da pesquisa (Figura 5), envolveu as seguintes atividades: (1) preparação; (2) coleta, seleção e processamento de dados; (3) análise e verificação de resultados; (4) compartilhamento de resultados e discussão; e (5) finalização da tese (YIN, 2015). Cada uma dessas atividades é detalhadamente descrita nas subseções a seguir.

Figura 5 – Desenho da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1 Preparação

A primeira fase refere-se à preparação da pesquisa aplicada, que é fundamentada na revisão teórica descrita no Capítulo 2, essencial para a coleta das evidências do estudo (YIN, 2015). A preparação é compreende três etapas: (1) revisão de literatura, (2) ampliação de conhecimentos sobre o tema e (3) identificação de fatos e dados disponíveis, englobando seis atividades:

Na primeira etapa, foi realizada a revisão de literatura, conforme descrito na sessão 2.2, em dois momentos distintos, o que possibilitou a identificação de estudos relevantes sobre o tema de interesse.

Atividade 1 Revisão de literatura: controle epidemiológico da Covid-19 e economia. Inicialmente, foram observadas as lacunas de investigação, a partir das quais foi

selecionado um problema específico a ser solucionado: o monitoramento e a análise dos dados ao longo do tempo para equilibrar o controle da transmissão da Covid-19 com a garantia de economias. Essa abordagem permitiu a definição dos descritores da revisão, com foco em estudos que incluíam dados epidemiológicos de testagem e vacinação, uma vez que esses aspectos compõem a capacidade de controle. A revisão foi posteriormente atualizada durante a redação da, a fim de ampliar a caracterização do estado da arte sobre o tema, embora poucos estudos estivessem diretamente relacionados.

Atividade 2 Revisão de literatura: controle da transmissão da Covid-19 e economia. A metodologia adotada para esta atividade foi diferenciada. O ponto de partida foi a lista de estudos que mencionavam o artigo de Salyer e colegas (2021), com o intuito de identificar as lacunas ainda existentes na pesquisa. Esse procedimento gerou uma ampliação do escopo de estudos relacionados.

As duas revisões de literatura, então, culminaram na **Atividade 3 Identificação e análise de trabalhos relacionados** descrita na seção 2.3, o que possibilitou uma comparação entre os estudos existentes sobre o tema desta tese, destacando semelhanças e diferenças em relação aos métodos, objetivos e resultados alcançados.

Na segunda etapa, para ampliação de conhecimentos sobre o tema, as informações extraídas da literatura científica sugeriram a necessidade de um levantamento sobre o RSI e o IDVI, os quais, por sua vez, mostraram-se incapazes de prever os países que enfrentariam dificuldades no controle da Covid-19, o que fundamentou a hipótese e a tese apresentadas nesta pesquisa.

A partir disso, foi iniciada a **Atividade 4 Conhecimento do RSI**, conforme detalhado na subseção 2.1.1 , que envolveu o levantamento e apresentação do objetivo, contexto, composição, avaliação e resultados do Regulamento Sanitário Internacional dos anos de 2018 a 2022, por região e por países de interesse identificados nesta tese. Além disso, foi realizada uma análise sucinta da autoavaliação dos países.

Na **Atividade 5 Conhecimento do IDVI**, descrita na subseção 2.1.2 , foram apresentadas as mesmas informações, mas agora em relação ao Índice de Vulnerabilidade de Doenças Infecciosas, incluindo os mesmos países, de acordo com as especificidades do índice, que é mais abrangente. Adicionalmente, foi incluído um mapa de calor para todos os países.

Por fim, na terceira etapa, ampliação de conhecimentos sobre o tema, prosseguiu-se com a coleta de informações, que incluiu a **Atividade 6 Identificação e análise de fatos e dados da Covid-19**, com ênfase em testagem, vacinação e vigilância epidemiológica. A

análise incorporou dados do RSI e do IDVI, além de informações provenientes de fontes oficiais reconhecidas e utilizadas nas publicações científicas referenciadas na revisão de literatura, antes de se dar início à coleta dos dados, segunda fase do estudo, descrita a seguir.

3.2.2 Coleta, Seleção e Processamento de Dados

A fase da coleta possui quatro etapas/atividades: (1) análise e seleção das fontes de dados; (2) extração e processamento dos dados; (3) criação de um banco de dados; e, (4) observações sobre os dados coletados.

A primeira etapa desta fase denominada **Atividade 7 Análise e seleção das fontes de dados** consistiu na análise dos fatos e dados sobre a Covid-19 apresentados por autoridades internacionais de saúde, como a OMS e o Centro Europeu de Prevenção e Controle de Doenças (ECDC) (EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (ECDC), 2021, WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023b).

A coleta de dados para esta tese foi realizada a partir de bases confiáveis de dados secundários atualizados, abrangendo tanto dados epidemiológicos relacionados ao controle da Covid-19 quanto dados econômicos.

A seleção e análise das fontes resultou na segunda etapa, **Atividade 8 Extração e processamento dos dados**, que envolveu a utilização de três bases de dados públicos. Para os dados de casos e óbitos, vacinações e população, a base de dados "Our World in Data" foi utilizada, a qual é atualizada diariamente e permite o download de arquivo com os dados públicos mais recentes, organizados por dia e por país em uma planilha (OUR WORLD IN DATA, 2024).

Os dados sobre o crescimento do PIB dos países foram extraídos da base de dados "IMF DataMapper" do Fundo Monetário Internacional (FMI), que fornece informações oficiais e atualizadas sobre indicadores econômicos (INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2023).

Quanto aos dados de testes de Covid-19, foram coletados da base "Worldometers", que agrega dados estatísticos de milhares de fontes de instituições oficiais em tempo real (WORLDOMETERS, 2023).

Na terceira etapa, **Atividade 9 Criação de um Banco de Dados**, os dados coletados foram limpos, processados, analisados e compilados de forma ordenada e separada, tanto para os dados epidemiológicos da Covid-19 quanto para os dados de crescimento do PIB, por país.

Esta atividade foi realizada usando o Software Microsoft Excel, uma das ferramentas mais comuns para o processamento e organização de dados numéricos e narrativos. (YIN, 2015).

A quarta etapa dessa fase **Atividade 10 Observações sobre os Dados** consistiu na identificação de dados ausentes para alguns países ou discrepantes em outras variáveis, bem como de inconsistências em determinados dias. Essa análise revelou a necessidade de correções ou exclusões de dados ou países para evitar vieses conhecidos na literatura, conforme discutido nas análises subsequentes.

Dessa forma, Cuba e Síria não apresentaram dados sobre o crescimento do PIB. A Venezuela foi excluída da análise devido à drástica queda de seu PIB desde 2014, por motivos não relacionados à pandemia de Covid-19, decretada em 2020.

3.2.3 Análise e Verificação de Resultados

Nesta fase de análise e verificação de resultados, foi aplicado um método similar ao utilizado em estudos relacionados ao tema, caracterizando-se pela análise observacional transversal (SALYER, MAEDA, *et al.*, 2021).

A fase foi subdividida em cinco etapas/atividades, organizadas de acordo com uma estrutura de modelo conjunto (TIMELY, 2022), a saber: (1) análise descritiva das variáveis, (2) estruturação do conjunto de dados, (3) correção dos dados, (4) criação de um modelo estatístico, e (5) verificação da correlação entre o controle da Covid-19 e o Crescimento do PIB.

Primeiramente, na **Atividade 11 Análise Descritiva das Variáveis**, a partir de uma observação inicial dos dados, as variáveis foram analisadas, identificando-se vieses conhecidos, como atrasos na notificação de casos e óbitos, além de subnotificação nos testes. Também foi identificada a insuficiência de vacinação para prevenir infecção e mortes. Com base nessa análise, foram selecionados os seguintes dados (Tabela 6):

Tabela 6 – Variáveis de interesse

Dados	Período	Fonte	Países
Casos de Covid-19	31/12/2019 a 10/08/2021	Our World in Data	223
Mortes por Covid-19	31/12/2019 a 10/08/2021	Our World in Data	223
População	2019	Our World in Data	223
Total de pessoas vacinadas	04/12/2020 a 10/08/2021	Our World in Data	173
Total de Testes de Covid-19	Acumulado até 14/03/2021 e 10/08/2021	Worldometers	210
Taxa de Crescimento do PIB	2020	IMF DataMapper	194

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, na **Atividade 12 Estruturação do Conjunto de Dados** os dados de Covid-19 disponíveis para 223 localidades (países e territórios) foram reunidos: casos e óbitos diários desde a primeira notificação até 10 de agosto de 2021; total de pessoas vacinadas e de testes realizados em 173 e 210 dessas localidades, respectivamente, no mesmo período. Além disso, foi incluído o crescimento do PIB em 2020 para 194 locais.

Na Atividade 13 Correção dos Dados os seguintes cálculos foram realizados: a) o número de novos casos e óbitos foi calculado por meio da média suavizada dos últimos 15 dias, levando em consideração distorções conhecidas, como os atrasos nas notificações; b) a incidência da média de casos e óbitos foi ajustada pela incidência de pessoas vacinadas, levando em conta a eficácia da vacinação em prevenir infecção e mortes; e, c) a chance de infecção foi determinada pela proporção de testes positivos no período analisado, quando aplicável, a fim de corrigir os vieses de subnotificação indicados pela OMS, como a taxa de positividade nos testes.

Na Atividade 14 Criação do Modelo Estatístico os métodos estatísticos descritos na subseção 3.1.1 foram aplicados, com o intuito de determinar o risco de infecção e o risco de morte, a fim de criar o índice para analisar o controle da Covid-19, conforme descrito na subseção 4.1.1 . Essa etapa visou atingir o primeiro objetivo específico desta tese.

Por fim, na **Atividade 15 Verificação da Correlação entre o Controle da Covid-19 e o Crescimento do PIB**, para atender ao segundo objetivo específico da pesquisa, gráficos foram gerados utilizando a planilha Excel, com a opção de normalização, para verificar a correlação entre o Índice de Controle da Covid-19 e a Taxa de Crescimento do PIB em 2020. Destacou-se a maior correlação entre os grupos de países de acordo com o PIB per capita.

3.2.4 Compartilhamento de Resultados e Discussão

Esta fase foi dividida em sete etapas/atividades: (1) criação do índice de controle de doenças infecciosas; (2) resultado do índice de controle em todo o mundo e por tempo de pandemia; (3) resultado do controle na América Latina; (4) resultado do controle dos países com maior risco de Covid-19; (5) resultado da correlação entre o controle da Covid-19 e Crescimento do PIB; (6) discussão do resultado do controle da Covid-19 por região, risco e população; e (7) discussão da associação controle da Covid-19 e o Crescimento do PIB por agrupamento de países.

Na primeira etapa **Atividade 16 Criação do Índice de Controle de doenças infecciosas** as definições e o método de cálculo foram apresentados, utilizando dados epidemiológicos de vigilância (casos, mortes, população, testagem e vacinação) para a criação do índice. O índice de controle de doenças foi desenvolvido com características que identificam o grau de exposição da população ao vírus, ou seja, a chance diária de infecção e letalidade, conforme descrito na subseção 4.1.1 .

Na segunda etapa, **Atividade 17 Resultado do Controle da Covid-19 em Todo o Mundo**, os resultados dos cálculos realizados no banco de dados foram apresentados em uma tabela estruturada, com o controle da Covid-19 por tempo de pandemia: (1) um ano (IDCI 2020); (2) total de dias desde o início da pandemia (IDCI total); e, (3) mesmo número de dias de pandemia (IDCI 516 dias), conforme consta da subseção 4.1.2 . O resultado do IDCI total foi apresentado graficamente por meio de um mapeamento global, para facilitar a visualização dos países com maior e menor controle da pandemia.

A terceira etapa, **Atividade 18 Resultado do Controle da Covid-19 na América Latina**, os resultados dos países da América Latina com menor controle da pandemia foram apresentados, destacando seus riscos de infecção e de morte, a percentagem de testes positivos e taxas de vacinação.

Na quarta etapa, **Atividade 19 Resultado em Países com Maior Risco de Covid-19**, foi dada visibilidade aos riscos enfrentados pelas populações desses países ao longo do tempo, com a ampliação da análise gráfica do monitoramento da chance de infecção e de morte no Brasil.

Na quinta etapa, **Atividade 20 Resultado da Correlação entre o Controle da Covid-19 e o Crescimento PIB**, foi investigada a correlação entre o **IDCI Covid-19** e a **Taxa de Crescimento do PIB** em 2020, conforme descrito na subseção 4.2.1 . Foram analisados todos os países com dados disponíveis até a data do levantamento, considerando que o primeiro ano de pandemia foi relevante para demonstrar a capacidade de controle dos países.

Na sexta etapa, **Atividade 21 Discussão do Resultado do Controle da Covid-19 por Região, Risco e População**, os países com mais de 100 milhões e mais de 10 milhões de habitantes foram comparados, a fim de demonstrar o comportamento tanto em nível nacional quanto na América Latina, conforme detalhado na seção 5.1.

Por fim, na sétima etapa e última desta fase, **Atividade 22 Discussão da Associação entre o Controle da Covid-19 e o Crescimento PIB por Grupos de Países**, apresentada na seção 5.2, foi destacada a maior correlação encontrada no agrupamento dos países por número de habitantes, com maior inclinação positiva. Esses países foram ainda distribuídos em três grupos, com base na renda per capita, com o intuito de agrupar economias semelhantes.

3.2.5 Finalização da Tese

Esta fase foi dividida em seis etapas/atividades: (1) análise e redação das contribuições da tese; (2) análise e redação de recomendações de trabalhos futuros; (3) exame de qualificação do doutorado; (4) refinamento do estudo; (5) defesa final da tese; e (6) documentação final do trabalho.

Na primeira etapa desta fase, **Atividade 23 Análise e Redação das Contribuições da Tese**, foram destacadas as principais contribuições, identificando-se a relevância técnico-científica da pesquisa sobre o controle da Covid-19 e sua associação ao Crescimento do PIB no mesmo período, especialmente em relação ao estado da arte, conforme seção 6.1.

Na segunda etapa, **Atividade 24 Análise e Redação de Recomendações de Trabalhos Futuros** (seção 6.2), foram propostas direções para futuros estudos que possibilitem a melhoria e ampliação do escopo da pesquisa, incorporando a inclusão de dados mais recentes e a aplicação do método desenvolvido para o controle de outras doenças.

Para a terceira etapa, **Atividade 25 Exame de Qualificação do Doutorado**, professores com experiência em estudos sobre Covid-19 e economia foram convidados para a banca examinadora. Além disso, foi necessário detalhar os capítulos iniciais da tese, uma vez que os resultados e a discussão já estavam finalizados no momento da publicação da pré-impressão deste estudo.

Na quarta etapa, **Atividade 26 Refinamento do Estudo**, os comentários e sugestões dos membros da banca examinadora durante o exame de qualificação foram considerados para aprimorar a pesquisa, aproveitando a diversidade de experiências teóricas e práticas dos avaliadores.

Na quinta etapa, há a **Atividade 27 Defesa Final da Tese**, o estudo foi apresentado à banca examinadora de forma consolidada e mais segura, com os argumentos principais para sustentar a tese sobre a associação do controle epidemiológico da emergência de saúde provocada pela Covid-19 e o crescimento econômico.

Por fim, após a aprovação da tese, na **Atividade 28 Documentação Final do Trabalho**, recursos foram dedicados à elaboração da documentação final do trabalho, garantindo o cumprimento das normas exigidas e realizando os ajustes finais identificados pela banca avaliadora.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados do controle da transmissão de Covid-19 em todos os países e regiões do mundo, refletindo a análise dos dados epidemiológicos estruturados e organizados visualmente para facilitar o entendimento da evolução ao longo do tempo. Na primeira seção, são abordados os resultados que atendem ao primeiro objetivo da tese. Na segunda seção, em resposta ao segundo objetivo, é possível observar o grupo de países com maior correlação entre o controle epidemiológico e o crescimento do PIB no primeiro ano da pandemia da Covid-19.

4.1 Controle Epidemiológico da Covid-19

Nesta seção, descreve-se inicialmente o índice criado (subseção 4.1.1), o qual permite a apresentação do panorama principal da análise do controle da transmissão da Covid-19 abrangendo os países em todo o mundo, A subseção 4.1.2 discute os resultados dos indicadores que compõe o índice e o que eles representam. Na subseção 4.1.3 , é apresentado o controle na América Latina, em função dos resultados significativos observados nessa região. Por fim, a subseção 4.1.4 apresenta os países com maior risco de Covid-19.

4.1.1 Criação do Índice de Controle de Doenças Infecciosas

O **Índice de Controle de Doenças Infecciosas (IDCI)** foi desenvolvido para determinar a capacidade dos países ou regiões em proteger suas populações. O índice é composto por dois indicadores, descritos a seguir:

Fórmula Geral do IDCI

$$\boldsymbol{IDCI = \frac{1}{IRI \times DRI}}$$

Onde:

Indicador de Risco de Infecção (IRI)

O **IRI** determina o grau de exposição da população ao vírus em um determinado período. O IRI é dado pela integral da curva da chance diária de infecção, corrigida pela proporção de testes positivos (se aplicável):

$$\boldsymbol{IRI = \int \left(\frac{\text{média casos suavizados últimos 15 dias}}{\text{população}} \times \left(1 - \frac{pessoas\ vacinadas \times 0,5}{população} \right) \right) dt} \times \frac{testes\ realizados}{total\ de\ casos}$$

A correção pela **proporção de testes positivos** (testes realizados/total de casos) é aplicada se essa proporção for superior a 10%, para compensar a subnotificação.

A **chance diária de infecção** considera os casos, as pessoas vacinadas e a população total. Aqui se utiliza o total de pessoas vacinadas, considerando pelo menos uma dose administrada. Assume-se que toda a população não vacinada seja suscetível à infecção, incluindo indivíduos que já foram infectados anteriormente. A eficácia mínima da vacina contra a Covid-19 para prevenir infecção, adotada pela OMS, é de 50%.

A fórmula envolve a integral (∫) da **chance diária de infecção**, o que significa que a análise é feita ao longo do tempo. A variável *dt* indica que, para calcular o IRI, deve-se considerar a evolução diária da **chance de infecção** ao longo de um período de tempo (por exemplo, dias). Em termos práticos, isso poderia significar somar os valores de chance de infecção ao longo dos dias para obter um valor acumulado.

Indicador de Risco de Morte (DRI)

O **DRI** determina a letalidade na população infectada em um dado período. O **DRI** é dado pela integral da curva da chance diária de morte na população infectada:

$$\boldsymbol{DRI = \int \left(\frac{\text{média mortes suavizadas últimos 15 dias}}{\text{média casos suavizados últimos 15 dias}} \times \left(1 - \frac{pessoas\ vacinadas}{população} \right) \right) dt}$$

A chance diária de morte considera a média de mortes e de casos suavizados e o total de pessoas vacinadas na população. Para o cálculo da chance diária de morte, assume-se uma

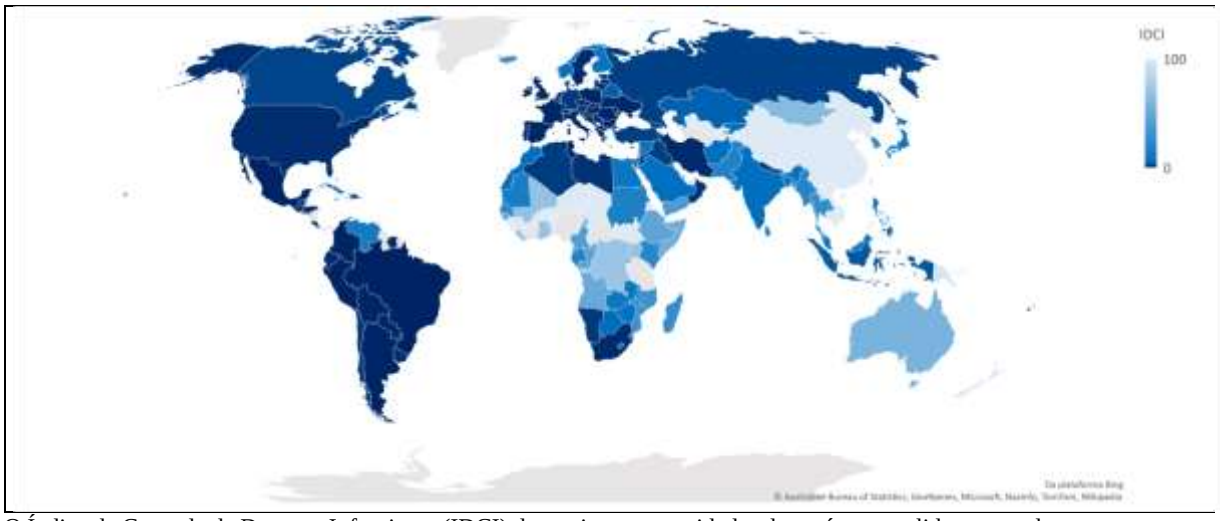
eficácia de 100% da vacina contra a Covid-19 para prevenir óbitos, com base em estudos validados por agências reguladoras.

A integral da **chance diária de morte** leva em consideração a variação ao longo do tempo, com *dt* representando o pequeno intervalo de tempo em que a **chance diária de morte** é calculada. Nesse caso, somam-se as taxas de morte ao longo de um período (como dias) para calcular a letalidade acumulada no período analisado.

4.1.2 Índice de Controle da Covid-19 em Todo o Mundo

A partir da aplicação do Índice de Controle de Doenças Infecciosas criado, foi possível observar resultados importantes para este estudo. Em 10 de agosto de 2021, as regiões da América do Sul, Europa e América do Norte (Figura 6, Tabela 7) apresentaram maiores dificuldades no controle da pandemia de Covid-19. O baixo IDCI destas regiões refletiu os maiores riscos de infecção e morte por Covid-19.

Figura 6 – Controle da pandemia de Covid-19 por país e território



O Índice de Controle de Doenças Infecciosas (IDCI) determina as capacidades dos países para lidar com a doença na população, composto por dois indicadores: Indicador de Risco de Infecção (IRI) e Indicador de Risco de Morte (DRI). 173 países e territórios possuíam dados epidemiológicos para cálculo do IDCI em 10 de agosto de 2021. Azul escuro: IDCI baixo. Azul claro: IDCI alto. Cinza: dados indisponíveis. Capturas de tela de produtos Microsoft reimpressas com permissão da Microsoft Corporation.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Controle da pandemia de COVID-19 em todo o mundo

Mundo/Região/ País	**IDCI total**	**IDCI 516 [1] dias**	**IDCI 2020**	**IRI total**	**DRI total**	**Teste + (%)**	**Vacinação (%)**	**Dias infecção**	**Cresc. PIB**	**População milhão**
Mundo	2,626	3,078	8,998	0,0246	15,497	6,70	30,44	567	-3,3	7.795
Oceania	39,647	64,217	114,255	0,0019	13,393	0,32	27,31	563	-2,5	43
África	12,107	11,570	65 921	0,0058	14,203	11,69	3,98	544	-1,9	1.341
Ásia	7,214	8,890	30,366	0,0128	10,868	6,09	30,75	567	-1,3	4.640
América do Norte	1,059	1,154	2,820	0,0677	13,942	6,96	50,52	567	-4,1	592
Europa	0,989	1,087	3,011	0,0663	15,245	4,71	50,69	565	-5,8	749
União Europeia	0,748	0,791	2,131	0,0742	18,031	5,35	61,35	565	-6,1	445
América do Sul	0,309	0,320	0,418	0,1927	16,799	24,64	47,10	535	-6,6	431
América Latina	0,375	0,389	0,895	0,1448	18,398	23,97	43,17	535	-7	641
Países com populações >100 milhões										
China	425,422	433,648	454,223	0,0001	36,511	0,06	43,21	589	2,3	1.439
Nigéria	158,355	164,192	543,349	0,0008	7,486	7,05	1,24	530	-1,8	206
Etiópia	46,274	46,274	211,002	0,0024	8,867	9,24	1,99	516	6,1	115
Paquistão	19,230	20,584	88,156	0,0047	11,168	6,50	14,39	533	-0,4	221
Egito	10,104	11,186	39,110	0,0028	35,722	9,28	3,75	544	3,6	102
Japão	8,644	10,790	53,081	0,0070	16,428	5,46	47,86	574	-4,8	126
Bangladesh	7,187	7,727	45,598	0,0125	11,112	16,67	8,84	521	3,8	165
Índia	5,309	6,123	23,226	0,0221	8,534	6,60	29,25	559	-8	1.380
Filipinas	5,266	6,549	26,384	0,0143	13,243	9,66	12,21	559	-9,5	110
Indonésia	3,544	4,178	32,540	0,0155	18,208	13,00	18,92	527	-2,1	274
Rússia	2,056	2,610	10,711	0,0413	11,776	3,77	26,69	558	-3,1	146
Estados Unidos	0,863	0,920	2,084	0,1005	11,522	6,54	59,11	567	-3,5	331
México	0,311	0,339	1,362	0,0725	44,333	33,90	39,87	530	-8,2	129
Brasil	0,210	0,222	1,301	0,3258	14,585	36,73	53,19	532	-4,1	213
Países com populações >10 milhões em países da América Latina										
Região/País	IDCI total	IDCI 509 [2] dias	IDCI 2020	IRI total	DRI total	Teste + (%)	Vacinação (%)	Dias infecção	Cresc. PIB	População milhão
América Latina	0,375	0,395	0,895	0,1448	18,398	23,97	43,17	535	-7	641
Haiti	18,880	18,880	71,767	0,0035	15,260	19,71	0,14	509	-3,7	11
Venezuela	13,834	14,279	65,164	0,0106	6,793	9,36	10,20	515	-30	28
Cuba	5,884	7,003	250,739	0,0305	5,580	6,81	41,27	517	NR	11
República Dominicana	2,465	2,471	7,744	0,0551	7,367	18,35	51,92	528	-6,7	11
Guatemala	1,577	1,676	11,424	0,0404	15,696	19,94	13,34	515	-1,5	18
Chile	1,360	1,444	4,439	0,0737	9,974	8,45	73,53	535	-5,8	19
Equador	0,651	0,667	2,799	0,0796	19,285	28,68	56,28	528	-7,5	18
Bolívia	0,482	0,481	3,263	0,0876	23,685	22,25	25,26	518	-7,7	12
Colômbia	0,393	0,401	3,237	0,1873	13,574	20,92	39,14	523	-6,8	51
Argentina	0,326	0,330	2,355	0,2491	12,329	24,73	58,18	526	-10	45
México	0,311	0,350	1,362	0,0725	44,333	33,90	39,87	530	-8,2	129
Peru	0,251	0,249	1,056	0,0844	47,159	13,34	26,93	523	-11,1	33
Brasil	0,210	0,229	1,301	0,3258	14,585	36,73	53,19	532	-4,1	213

[1] A Etiópia teve o menor tempo (516 dias) desde o primeiro caso notificado até 10 de agosto de 2021, entre os países com mais de 100 milhões de habitantes. [2] O Haiti teve o menor tempo (509 dias) entre os países com mais de 10 milhões de habitantes nos países latino-americanos. IDCI: Índice de Controle de Doenças Infecciosas. IRI: Indicador de Risco de Infecção. DRI: Indicador de Risco de Morte. PIB: Produto Interno Bruto. NR: não informado.

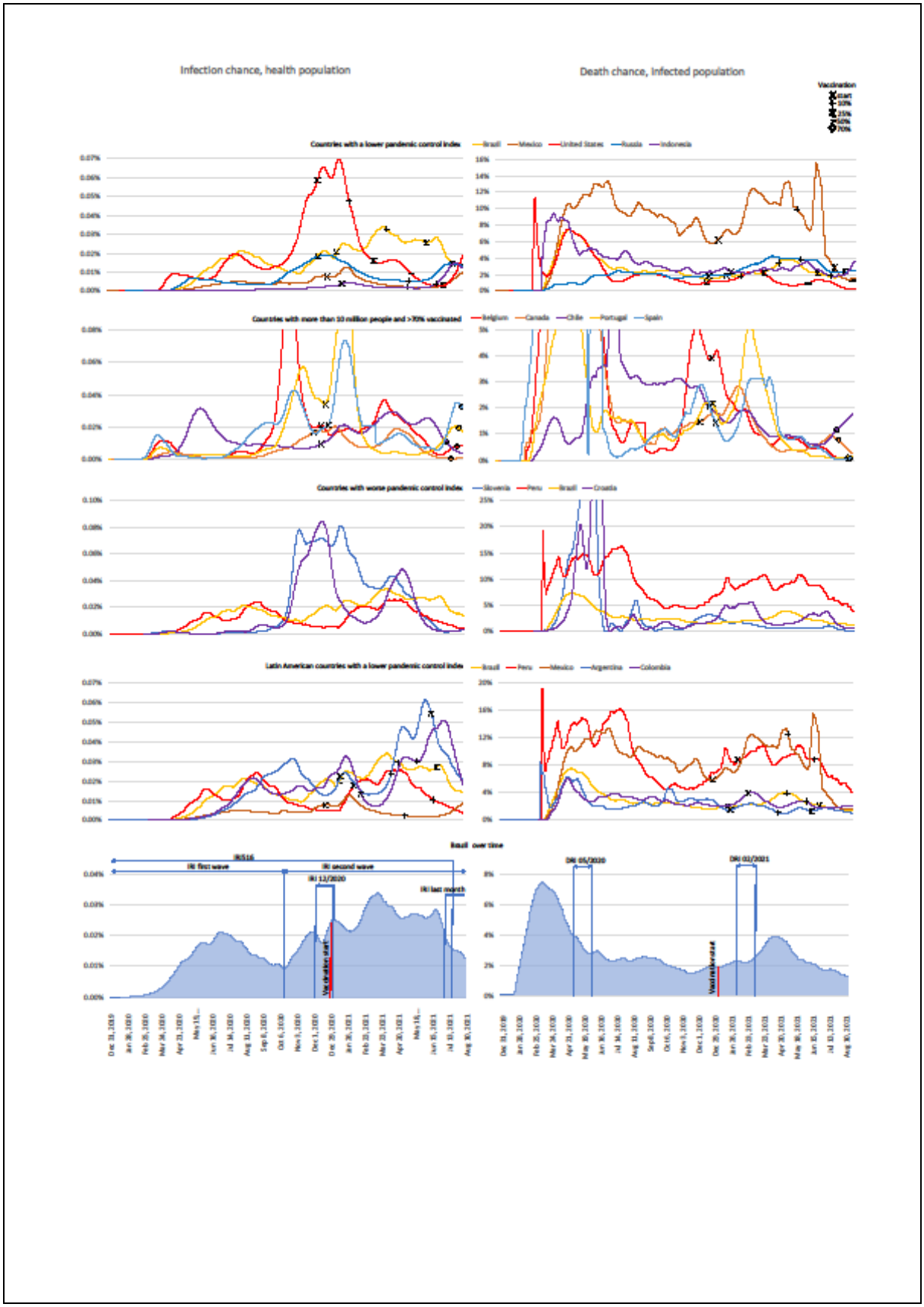
Fonte: Elaborado pelo autor.

A China, embora tenha registrado um elevado indicador de risco de morte na população infectada (36,5), obteve um indicador de risco de infecção extremamente baixo (0,0001). Isso se deve ao fato de que, no início da pandemia, apenas casos graves foram registrados, dado que foi o país onde o primeiro caso foi identificado. Além disso, a taxa de testes positivos foi de apenas (0,06%), o que contribuiu para uma pontuação global do IDCI que indicou um bom controle da pandemia (425). A China foi o país como o maior número de pessoas vacinadas, porém, apesar de ter vacinado um número significativo de pessoas, representava apenas 43% da sua população, com a Índia ocupando a segunda posição com 29%. Ambos são produtores e exportadores de vacinas contra a Covid-19, mas têm as maiores populações do mundo.

Os quatro países com mais de 100 milhões de habitantes e com os menores índices de controle da Covid-19 em 10 de agosto de 2021 (IDCI total) eram: Brasil (0,21), México (0,31), Estados Unidos (0,86) e Rússia (2,056). Observando de outra forma, estes países mantiveram estas posições quando calculado o IDCI até 516 dias de pandemia, contados individualmente a partir do dia do primeiro caso de Covid-19 reportado por cada país (0,222, 0,339, 0,92 e 2,61, respectivamente).

Notavelmente, os Estados Unidos, com a maior proporção de pessoas vacinadas (59%), conseguiram reduzir significativamente o risco de infecção na população (Figura 7). Por outro lado, o Brasil apresentou o maior risco de infecção (0,3), refletido por uma alta taxa de testes positivos (36,7%). O México, por sua vez, apresentou uma alta taxa de testes positivos (33,9%) e um elevado indicador de risco de morte (44), três vezes superior ao risco no Brasil (13,9), conforme indicado pela curva de chance de morte na população infectada.

Figura 7 – Monitoramento da chance de infecção e morte por COVID-19 nos países



O eixo vertical foi limitado para permitir melhor visualização dos gráficos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apenas cinco países com mais de 10 milhões de habitantes alcançaram taxas de vacinação superiores a 70%. Entretanto, alguns desses países apresentaram aumentos nas chances de infecção e morte. Outros exibiram curvas semelhantes à do Brasil, que alcançou taxa de vacinação de 53%.

Dentre os 173 países com dados suficientes para o cálculo do índice de controle da Covid-19, destacam-se a Eslovênia (0,197), o Peru (0,251), o Brasil (0,252) e a Croácia (0,254), que apresentaram os menores IDCI em agosto de 2021, indicando menor proteção de suas populações. Esses países pertencem a diferentes regiões geopolíticas e variam consideravelmente em termos de área geográfica (0,02, 1,3, 8,5 e 0,06 milhões de km², respectivamente) e tamanho populacional (2, 33, 213 e 4 milhões, respectivamente).

Após um surto inicial, a Eslovênia e a Croácia mantiveram suas populações relativamente bem protegidas até setembro de 2020. Em contraste, as chances de infecção foram mais elevadas no Peru e no Brasil, com o Peru apresentando valores menores após outubro de 2020.

As chances de morte entre os indivíduos infectados na Eslovênia, Peru, Brasil e Croácia comportaram-se de maneira distinta. A Eslovênia e a Croácia apresentaram picos mais pronunciados no risco de morte em comparação ao Brasil. Por outro lado, o Peru exibiu um maior risco de óbito ao longo do período.

No geral, as integrais das curvas indicaram que os indivíduos estavam mais exposto à infecção no Brasil. No Peru, os indivíduos infectados enfrentaram uma maior risco de vir a óbito. Contudo, ao combinar ambos os fatores, a Eslovênia demonstrou o pior desempenho no índice de controle da Covid-19, apesar de a pandemia ter se iniciado mais tarde naquele país.

4.1.3 Controle da Pandemia de Covid-19 na América Latina

Entre os países latino-americanos com mais de 10 milhões de habitantes, os cinco com maiores populações (em ordem: Brasil, Peru, México, Argentina e Colômbia) apresentaram os piores resultados de controle total da Covid-19 até 10 de agosto de 2021 (Figura 7). A comparação entre o total do IDCI comparado ao IDCI no 509º dia da pandemia em cada país indicou poucas variações nas posições relativas. Os números da Argentina pioraram desde o final de 2020 (Figura 7). A população argentina acumulou o segundo maior risco de infecção, ficando atrás apenas do Brasil. No entanto, o Peru e o México apresentaram os maiores riscos de morte entre as populações infectadas.

A percentagem de testes positivos na maioria destes países está fora do recomendado pela OMS. O Haiti se destaca negativamente, devido à realização de poucos testes. Por outro lado, Cuba, Venezuela e Chile apresentaram percentuais dentro do parâmetro recomendado, além de demonstrarem baixos riscos de infecção e de mortalidade. Esses países possuem populações aproximadamente dez vezes menores que o Brasil ou o México. A pandemia da Covid-19 impactou essas nações de maneiras distintas, o que foi levado em consideração nas análises, mas o IDCI permite fazer comparações entre elas.

Entre os países latino-americanos com menor controle da Covid-19, o México iniciou a vacinação em dezembro de 2020; a Argentina e o Brasil deram início à vacinação no mês seguinte, seguidos pelo Peru e pela Colômbia. Apenas Argentina e Brasil haviam alcançado taxas de vacinação superiores a 25% em agosto de 2021.

4.1.4 Países com Maior Risco de Covid-19

Durante o período estudado, o Brasil, que possui a maior população da América Latina (aproximadamente o dobro da população do México e quatro vezes a da Colômbia e da Argentina), apresentou o menor índice de controle da pandemia da região entre os países com mais de 10 milhões de habitantes. Por essa razão, os seus indicadores foram analisados em diferentes períodos (Figura 7).

O risco de infecção foi maior durante a segunda onda da pandemia, enquanto o risco de morte da população brasileira infectada foi maior nos primeiros meses. Um dos fatores percebidos foi a baixa testagem no início da pandemia.

Globalmente, em 10 de agosto de 2021, o Brasil (o sexto país mais populoso do mundo) ocupava a terceira posição em número absoluto de casos de Covid-19 (10% da sua população), ficando atrás apenas dos Estados Unidos (11%) e da Índia (2%). Contudo, o Brasil figurava em segundo lugar no número de mortes relacionadas à Covid-19, atrás apenas dos Estados Unidos.

O Brasil havia realizado 55 milhões de testes (décima terceira posição mundial, equivalente a 25% de sua população), mas países como Estados Unidos, Índia, Reino Unido e Rússia realizaram mais testes, correspondendo a 166%, 35%, 374% e 117% de suas respectivas populações. No que tange à vacinação, o Brasil ocupava a quarta posição, com 46 milhões de pessoas vacinadas, atrás da China (223 milhões), Índia (115 milhões) e Estados Unidos (166 milhões).

4.2 Controle Covid-19 e Crescimento do PIB

Nesta seção, visando atender ao segundo objetivo da tese, foram mapeados os resultados da correlação entre o Índice de Controle da Covid-19 e o Crescimento do Produto Interno Bruto em 2020, para embasar a discussão sobre o equilíbrio alcançado pelos países no controle dessa emergência de saúde e dos impactos econômicos.

4.2.1 Correlação Controle da Covid-19 e Crescimento do PIB

A correlação entre o Índice de Controle da Covid-19 e o Crescimento do PIB em 2020 foi claramente evidenciada, com base nos dados disponíveis de 159 países. A correlação foi particularmente expressiva no grupo de países com mais de 10 milhões de habitantes (r = 0,61).

Ao considerar os 79 países com mais de 10 milhões de habitantes desse grupo com maior correlação, os resultados da regressão linear sobre os dados do ln(IDCI) e do Crescimento do PIB de 2020 estão apresentados na Tabela 8. Esses identificam os coeficientes relativos à variável Crescimento do PIB e à correlação por grupos de países, classificados conforme o PIB per capita. Esta relação foi ainda mais forte entre os países com alto PIB per capita (r = 0,77), enquanto os países de médio PIB per capita (r=0,48) e de baixo PIB per capita (r=0,28) apresentaram coeficientes significativamente menores.

Tabela 8 – Estatísticas de regressão entre o Controle da Covid-19 e a economia em 2020

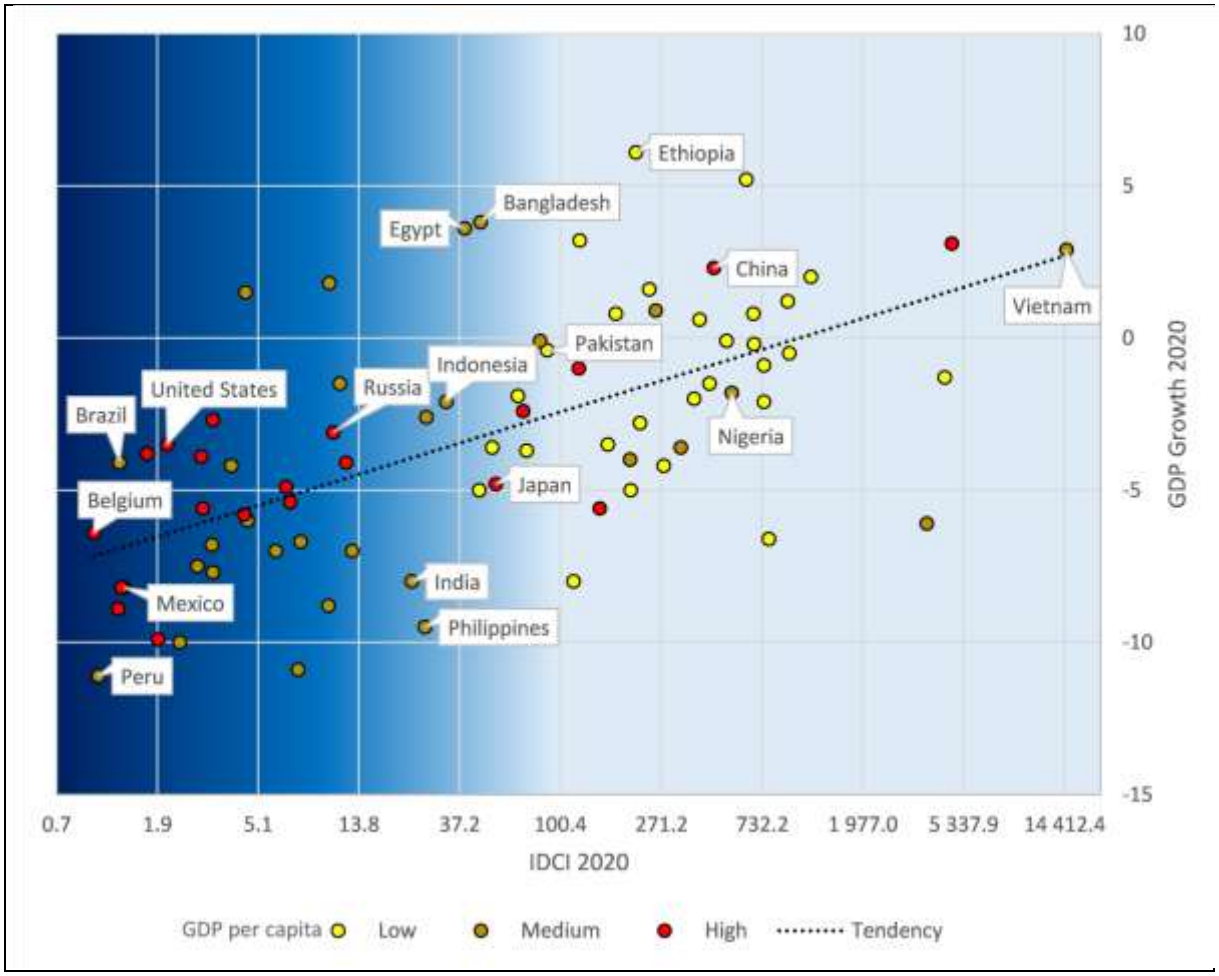
Medida estatística	**Valor**	
Múltiplo R	**0,6132**	
R Grupo 1: baixo PIB per capita (US$ 253.59 – US$ 1701.94)	0,28	
R Grupo 2: médio PIB per capita (US$ 1964.88 – US$ 8732.64)	0,48	
R Grupo 3: alto PIB per capita (US$ 10037.24 – US$ 63415.98)	**0,77**	
R Quadrado	0,3760	
Ajuste R-Quadrado	0,3679	
Erro Padrão	1,9272	
Observações	79	
	Interceptar	**Crescimento PIB**
Coeficientes	4,987410111	0,364551598
Erro Padrão	0,27859106	0,05351986
Estatística	17,9022619	6,811519708
P-valor	3,6184E-29	1,8866E-09

PIB: Produto Interno Bruto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para ilustrar melhor essa correlação, a Figura 8 exibe os resultados do grupo de países com maior correlação, ou seja, aqueles com mais de 10 milhões de habitantes. Entre esses, os países com baixo PIB per capita estão dispersos, longe da linha de tendência e posicionados à direita do gráfico, indicando que a pandemia teve um impacto econômico menor nesses países em 2020, em comparação aos países dos grupos 2 e 3. Por outro lado, os países com PIB per capita médio, variando entre 1,96 e 8,70 dólares, também se encontram dispersos em relação à linha de tendência, porém posicionam-se mais à esquerda (com menor controle da pandemia) e, na maioria, registaram declínios no PIB em 2020. Já os países com PIB per capita elevado (grupo 3) estão próximos da linha de tendência, evidenciando uma forte correlação entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB.

Figura 8 – Índice de controle da Covid-19 e economia no mundo em 2020



O gráfico possui escala logarítmica e apresenta a correlação entre 79 países com população superior a 10 milhões, identificando o nome dos países acima de 100 milhões de habitantes (14) e os países extremos (Bélgica e Peru: menos controle, e Vietnam: maior). Grupo de países 1: baixo PIB per capita: US$ 253,59–US$ 1.701,94. Grupo de países 2: PIB médio per capita: US$ 1.964,88 – US$ 8.732,64. Grupo de países 3: PIB per capita elevado: US$ 1.0037,24–US$ 63.415,98.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A inclinação positiva da linha de tendência sugere que os países com melhor controle da pandemia obtiveram, em média, melhores resultados em termos de crescimento do PIB. Independentemente das particularidades de cada país, estejam ou não mais próximos da média global, observa-se uma tendência mundial que favorece o maior controle da pandemia de Covid-19, o que resulta em melhores desempenhos econômicos durante o período de crise sanitária global. Em outras palavras, os países que adotaram medidas mais eficazes para controlar a Covid-19 foram mais eficientes, estabilizados e capazes de restaurar suas economias mais rapidamente, muitos alcançando inclusive crescimento real do PIB em 2020.

Entre os países mais populosos, a China, a Etiópia, Bangladesh e o Egito apresentaram melhores resultados em termos de IDCI e crescimento do PIB em 2020 (454 e 2,3; 211 e 6,1; 45 e 3,8; 39 e 3,6, respectivamente). Em contraste, Brasil (1,30 e -4,1), México (1,36 e -8,2), Estados Unidos (2 e -3,5), Rússia (10,7 e -3,1), Índia (23 e -8) e Filipinas (26 e -9,5) registraram os piores resultados nesse mesmo período. Peru (1,05 e -11,1) foi o país com pior desempenho, figurando em 167º lugar no crescimento do PIB e em 5º lugar em número absoluto de mortes por Covid-19 no mundo.

5 DISCUSSÃO

Este capítulo amplia as discussões e o conhecimento sobre o tema, com o intuito de gerar impacto na tomada de decisão em futuras emergências de saúde, a partir dos resultados apresentados sobre o controle da transmissão de Covid-19 em todos os países. A primeira seção debate os resultados do controle apresentados no capítulo anterior, realizando comparações por região, risco e população. A seção subsequente reflete sobre a associação entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB por grupos de países, com destaque para algumas nações.

5.1 Controle da Covid-19 por Região, Risco e População

As comparações para estabelecer expectativas para um único país, mesmo dentro de regiões, devem considerar diferentes dados epidemiológicos relacionados às doenças, devido às diversas capacidades de controle, que envolvem não apenas os testes, mas também a vacinação e o tamanho da população, os quais resultam em grandes diferenças entre os países.

Estudos comparativos que utilizam apenas dados de casos e mortes confirmadas por Covid-19 (que provavelmente são subestimados) apresentam um viés em potencial, o qual é mais pronunciado em países com baixa taxa de testes (GORDON, GRAFTON, *et al.*, 2021).

Por essa razão, o índice de controle da Covid-19 desenvolvido nesta tese mostrou-se mais próximo da realidade, evidenciando que as comparações dentro e fora das regiões globais são igualmente importantes, uma vez que vários fatores influenciam o comportamento dos países.

Os índices de alguns países ainda apresentavam desempenho ineficiente, mesmo depois de mais de um ano e meio de pandemia, quando já dispunham de meios para aprimorar sua capacidade de testagem e vacinação.

Quando essas medidas preventivas são relaxadas, o indicador de risco tende a aumentar, o que pode sobrecarregar o sistema de saúde devido à escassez de recursos humanos e materiais. Alguns governos tiveram de implementar medidas de confinamento quando as camas hospitalares se tornaram indisponíveis (COELHO, LANA, *et al.*, 2020).

O mundo ocidental não conseguiu controlar a pandemia de maneira eficaz. No entanto, podem ser extraídas muitas lições deste fracasso. Os países com melhor controle realizaram mais testes para detectar rapidamente os casos e conter a transmissão, o que revela as conexões entre as capacidades políticas, de gestão e de infraestrutura dos países.

Uma elevada percentagem de testes positivos indica a existência de indivíduos infectados não registados, testagem restrita a casos sintomáticos, rastreamento limitado da rede de contatos e dificuldades no planeamento, aquisição e distribuição de kits de diagnóstico.

À medida que as orientações se tornaram mais claras, houve uma maior governança e tomadas de decisões mais rápidas por parte dos gestores de saúde pública, permitindo que a vida retornasse ao normal de forma relativamente rápida. Países como Vietnã, Taiwan e Tailândia conseguiram controlar a propagação do vírus, combinando confinamentos completos, testes generalizados, uso obrigatório de máscaras e rastreamento digital de contatos. Singapura, Nova Zelândia e Islândia adotaram programas agressivos de testes, rastreio e isolamento (CALLAWAY, LEDFORD, *et al.*, 2020).

Entretanto, países como o Brasil, que enfrentaram uma segunda onda de infecção mais agressiva e um aumento no risco de morte, seguiram uma trajetória diferente. Em 2020, um estudo estimou a alta taxa de mortalidade no Brasil, o que poderia ter sido utilizado para orientar a priorização de intervenções de saúde (DE CASTRO, MOREIRA, *et al.*, 2021). Outro estudo, posteriormente realizado, que analisou as condições do Brasil relacionadas à

mortalidade por Covid-19, sugeriu comparações com outros países, especialmente da América Latina, com contextos econômicos semelhantes (SOUSA FILHO, SILVA, *et al.*, 2022).

Ao comparar períodos semelhantes em momentos distintos, foi possível observar o impacto da vacinação no risco de infecção e de morte. Uma elevada cobertura vacinal, proteção em longo prazo e prevenção eficaz da transmissão são cruciais para erradicar a Covid-19. O futuro dependerá da evolução do SARS-CoV-2, do comportamento dos cidadãos, das decisões dos governos sobre como responder à pandemia e dos avanços no desenvolvimento de vacinas e tratamentos (SKEGG, GLUCKMAN, *et al.*, 2021).

As previsões para todos os cenários de vacinação alertaram para os riscos associados ao relaxamento precoce ou rápido das intervenções não farmacêuticas (MOORE, Sam, HILL, *et al.*, 2021). A imunização das Américas ainda apresentava preocupações, como o retorno do sarampo no Brasil, onde o vírus havia sido eliminado, e a poliomielite nos Estados Unidos, com a paralisia de um jovem não vacinado, reiterando a importância de aumentar e manter uma cobertura vacinal elevada (95% ou mais) (CARTAXO, BARBOSA, *et al.*, 2021, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO), 2021).

De acordo com os dados utilizados nesta tese, a vacinação contra a Covid-19 alcançou cerca de 80% da população em alguns países, mas esse percentual não foi suficiente para garantir baixos riscos de infecção e letalidade. A capacidade de produção de vacinas não foi suficiente para atender à demanda mundial em um curto período de tempo.

Conforme estudo publicado, previamente a esta tese, o Brasil foi o terceiro país mais afetado pelo risco de exposição à Covid-19 em agosto de 2020, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia (CARTAXO, BARBOSA, *et al.*, 2021). Em 2021, de acordo com a análise realizada neste estudo, o Brasil apresentou o pior controle da pandemia entre os países com grandes populações, seguido pelo México e pelos Estados Unidos, colocando a América em uma situação particularmente difícil.

5.2 Associação Controle Covid-19 e PIB por Países

Os dados epidemiológicos sobre a Covid-19 que compõem o índice (casos, óbitos, testes, vacinação e população) revelaram uma correlação ainda mais significativa com o crescimento do PIB em 2020 (primeiro ano de pandemia) entre os países mais ricos (r = 0,77).

Uma explicação para a correlação positiva é porque as economias do grupo de países mais ricos são mais dinâmicas e diversificadas em comparação com os outros grupos, sendo amplamente dependentes da mobilidade de pessoas, comércio, indústria e serviços. A

transmissão da Covid-19 depende fortemente do contato interpessoal, e os países economicamente mais fortes possuem setores de serviços muito ativos. A China e a Nova Zelândia, com PIB per capita elevado e setores de serviços robustos, conseguiram proteger sua população de forma mais eficaz do que outras nações de alta renda. Tais observações reforçam a ideia de que a prevenção é mais importante do que a capacidade de tratamento, sendo esse um dogma clássico em saúde pública.

Por outro lado, países ou regiões com menor poder econômico podem, ou não, ter visto suas economias significativamente afetadas pela Covid-19. Isso pode ter resultado em um controle aparentemente mais eficaz da pandemia em 2020, mas não necessariamente devido a intervenções eficazes de saúde pública a nível nacional. É provável que um menor fluxo de infectados tenha chegado a esses países e circulado menos dentro deles naquele ano, considerando que as populações desses países possuem menos recursos. Por exemplo, a África demonstrou um controle razoável da pandemia até aquele momento.

O controle da pandemia não depende exclusivamente da configuração econômica da região, sendo ainda necessário considerar outras condições especiais, como efeitos políticos, demográficos, climáticos e de temperatura, entre outros (CARTAXO, BARBOSA, *et al.*, 2021, MACHARIA, JOSEPH, *et al.*, 2020, PRATA, David N., RODRIGUES, *et al.*, 2020, PRATA, David, RODRIGUES, *et al.*, 2021, 2022). O primeiro ano da pandemia ressaltou os graves problemas estruturais nos grandes centros urbanos, sendo que as cidades mais desiguais e segregadas sofreram um impacto mais significativo (SOUSA FILHO, SILVA, *et al.*, 2022).

Alguns esforços iniciais não foram suficientemente oportunos e acabaram por ser interrompidos por razões políticas e econômicas (COELHO, LANA, *et al.*, 2020). O controle da pandemia é impactado pelas decisões políticas nacionais e internacionais da mesma forma que a economia (CARTAXO, BARBOSA, *et al.*, 2021). Apenas alguns países de alta renda adquiriram a maior parte das vacinas do mundo, perpetuando as discrepâncias nas relações internacionais (PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO), 2021).

A economia do Peru contraiu 11% em 2020, o desemprego subiu para 13%, o que evidenciou uma crise grave, acentuada pela corrupção desenfreada, como exemplifica a utilização indevida das vacinas contra a Covid-19 (CHAUVIN, 2021). Existe a possibilidade de distorções nas informações oficiais de alguns países, como Cuba e Venezuela (MUNDT, 2020). No entanto, Cuba possui um sistema de saúde pública eficaz.

A redução de recursos para pesquisa e desenvolvimento, educação e saúde foi um dos fatores que agravaram a pandemia da Covid-19 no Brasil, deixando claro que a adoção de

políticas de austeridade não sustenta um Complexo Econômico-Industrial de Saúde capaz de garantir autonomia produtiva e a oferta de serviços de saúde pública à população (ARAGÃO, FUNCIA, 2021). Felizmente, as parcerias de instituições públicas brasileiras, como o Instituto Butantan com a empresa Sinovac (China) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) com a Universidade de Oxford e o Laboratório AstraZeneca (Reino Unido), forneceram as primeiras vacinas contra a Covid-19 no Brasil (KIM, MARKS, *et al.*, 2021, WOUTERS, SHADLEN, *et al.*, 2021). Essas parcerias envolveram transferência de tecnologia e produção local, resultando em desenvolvimento econômico e expansão de empregos, além de fortalecer o Sistema Único de Saúde e a Política Nacional de Imunizações do Brasil, que são referências internacionais.

As condições socioeconômicas e as desigualdades do Brasil estão diretamente relacionadas à mortalidade por Covid-19 (SOUSA FILHO, SILVA, *et al.*, 2022). Essa realidade foi percebida em outros países. O efeito da privação relativa na pandemia de Covid-19 foi mais claramente observado na fase de pré-vacinação, quando muitos países desenvolvidos disponibilizaram vacinas gratuitamente e promulgaram incentivos para que suas populações fossem vacinadas. Isso justificou o estudo desse período, uma vez que tais medidas atenuaram o impacto negativo da desigualdade, mas apenas nos países ricos, o que acabou enviesando os resultados (CHAKRABARTY, BHATIA, *et al.*, 2023).

A imunização da população mundial deve ser garantida por meio de uma estratégia abrangente de proteção, com uma campanha massiva de vacinação dirigida a todas as faixas etárias (KIM, MARKS, *et al.*, 2021). As vacinas precisam ser produzidas em grande escala, com preços acessíveis e distribuídas globalmente de forma equitativa (WOUTERS, SHADLEN, *et al.*, 2021). Sem cobertura universal de saúde é impossível enfrentar adequadamente a pandemia (THE LANCET, 2020). Os governos devem manter a sua responsabilidade constitucional de proteger a população (BARBERIA, GÓMEZ, 2020). Além disso, é imprescindível que governos e os empregadores promovam ações de políticas sociais e de saúde pública a longo prazo (BLUKACZ, CABIESES, 2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo globalizado traz novos desafios e, como os países não possuem a mesma capacidade de controle, para garantir a segurança da saúde pública global, a Organização Mundial de Saúde adota estratégias para melhorar a capacidade de prevenir, detectar, avaliar, notificar e responder a riscos de saúde pública.

O objetivo geral desta tese foi analisar a associação do controle da transmissão da Covid-19 e o crescimento do PIB, a fim de contribuir para a melhoria da capacidade de controle sanitário dos países. Para alcançar esse objetivo, foi utilizada a teoria da capacidade de controle de saúde, considerando indicadores de capacidade sanitária internacional e de vulnerabilidade a doenças infecciosas, com base em dados de vigilância epidemiológica. Também se utilizou um dos principais indicadores da economia de um país, que serve de base para a tomada de decisões que podem afetar diretamente a vida da sociedade.

O cenário da pesquisa foi o controle global da emergência de saúde causada pela Covid-19, especificamente, o conjunto de dados epidemiológicos (casos, mortes, testes, vacinação e tamanho da população), correlacionado ao crescimento do PIB do mesmo período. Essa escolha é respaldada pela lacuna apontada por Salyer e colegas (2021), que destacaram que, embora os Estados-Membros tentem equilibrar o controle da transmissão da Covid-19 com a manutenção de economias estáveis, a análise dos dados epidemiológicos ao longo do tempo é essencial para compreender melhor a progressão da pandemia.

Embora a correlação entre certos dados epidemiológicos e fatores econômicos tenha sido explorada por diversos estudos para avaliar o efeito desses fatores durante a pandemia, é inovador demonstrar, neste estudo, a correlação entre o controle da transmissão da Covid-19 e o crescimento do PIB do mesmo período, especialmente com dados epidemiológicos reunidos de forma integrada, respeitando a questão temporal e o dano já ocorrido, ao contrário de abordagens baseadas em simulações.

O foco na hipótese de que países com maior controle epidemiológico da emergência de saúde pela Covid-19 alcançaram melhor desempenho econômico justifica-se, pois busca desmistificar a falácia da dicotomia apresentada em alguns discursos que sugerem a necessidade de escolher entre economia e controle preventivo da pandemia.

Os procedimentos metodológicos e instrumentos da pesquisa possibilitaram o cumprimento dos dois objetivos específicos (1) realizar uma análise do controle epidemiológico da emergência de saúde provocada pela Covid-19 em países com dados

reportados oficialmente; e (2) investigar a correlação entre o controle epidemiológico e o crescimento do PIB nos países afetados pela pandemia da Covid-19 no ano de 2020.

O estudo desta tese apresentou algumas limitações. Embora as bases de dados utilizadas contenham informações atualizadas sobre muitos países, alguns dados estavam ausentes. Por exemplo, a taxa de crescimento do PIB em 2020 para Cuba não estava disponível e para a Venezuela estava muito discrepante. Isso limitou, em certa medida, o alcance do segundo objetivo específico desta tese de analisar todos os países, mas a não inclusão desses dados foi importante para evitar vieses no estudo.

Além disso, alguns países não notificaram casos, mortes, testes ou vacinação de forma diária, realizando correções retroativas. Isto poderia ter ocasionado imprecisões pontuais nas chances de infecção e morte. No entanto, tal imprecisão foi mitigada no índice e nos indicadores criados nesta tese, uma vez que estes consideram dados cumulativos.

Esta tese também não considerou os diferentes métodos de diagnóstico da Covid-19, como os testes rápidos adquiridos nas farmácias, pois estes não foram comunicados às autoridades de saúde. Da mesma forma, este estudo não considerou na análise a eficácia de cada tipo de vacina individualmente, uma vez que a base de dados consultada não forneceu dados desagregados por tipo de imunizante. Contudo, o índice de controle, baseado em dados corrigidos que considerem a proporção de pessoas vacinadas e a proporção de testes positivos, é crucial para evitar distorções, conforme indicado pela OMS.

As conclusões deste estudo limitam-se à correlação entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB, sendo que essa correlação foi estatisticamente mais significativa para determinados grupos de países. Considerando a natureza dos dados transversais usados na pesquisa, o método aplicado não é suficiente para estabelecer uma relação causal.

Ademais, a correlação observada neste estudo se limita ao ano de 2020, um período em que algumas questões ainda não estavam completamente consolidadas para alguns países, apesar das orientações de diversos organismos internacionais. A vacinação, por exemplo, ainda não havia começado na maioria dos países naquele ano. Entretanto, este estudo demonstrou que os países mais severamente afetados em 2020 continuaram a apresentar baixos índices de controle da Covid-19 em 10 de agosto de 2021, com baixa cobertura vacinal, embora a maioria dos países já tivesse acesso à vacinação. Nesse período, a relação entre o controle da pandemia e a economia já estava bem consolidada pela comunidade científica e pelas autoridades econômicas e sanitárias.

Estudos e relatórios técnicos recentes continuam reportando tanto a baixa cobertura vacinal quanto a correlação entre os dados epidemiológicos de Covid-19 e a economia. Não se

pode afirmar que os resultados de 2020 não se perpetuaram em 2021 e nos anos seguintes, pois não se trata apenas de desconhecimento ou lições não aprendidas. Análises com dados de 2021 e 2022 sugerem que, para restaurar a atividade econômica normal após a pandemia de Covid-19, é fundamental aumentar a cobertura de vacinal global e maximizar a expansão dos testes para a Covid-19 (SHI, LING, *et al.*, 2023).

6.1 Contribuições da Tese

O modelo desenvolvido nesta tese, a partir de uma estatística descritiva simples e uso de uma ferramenta básica para análise dos dados, permitiu a criação do Índice de Controle de Doenças Infecciosas, que aprimora a determinação da capacidade dos países ou regiões em proteger a população e identifica de forma mais precisa sua correlação com o crescimento do PIB em termos mundiais.

Primordialmente, esta tese preocupou-se em utilizar dados de mundo real para a análise das ações de controle da Covid-19 realizadas pelos países ao redor do mundo com o intuito de gerar contribuições tanto para a literatura quanto para autoridades de saúde.

Este estudo revela os países que se destacaram positiva e negativamente no controle da Covid-19. O modelo para esse fim é inédito, pois cria um índice considerando cinco variáveis epidemiológicas importantes (infecção, óbito, testagem, vacinação e população), correlacionando-as com o crescimento do PIB no mesmo ano. Assim, obtém-se uma métrica bem ajustada que leva em conta diversos fatores que afetam a comparação entre países. Esta tese se diferencia da literatura existente, na medida em que os estudos anteriores utilizam métodos diversos, como estimativas, correlações entre taxas simples relacionadas à Covid-19 e indicadores econômicos de anos anteriores.

Para alcançar seu primeiro objetivo, o estudo nesta tese estruturou um conjunto de dados epidemiológicos da Covid-19, criando uma base de dados histórica de dois indicadores (infecção e óbito) e um índice de controle, desenvolvendo modelos estatísticos para determiná-los. Essa base foi essencial para analisar o controle da Covid-19, identificando que países com cerca de 80% de pessoas vacinadas não são suficientes para garantir baixos riscos de infecção e óbito.

Neste estudo observacional transversal, que incluiu 159 países afetados pela Covid-19 até 2020 e 223 até 10 de agosto de 2021, foram avaliados cinco determinantes do risco absoluto e do controle da pandemia. No modelo estatístico, a testagem, a vacinação e o tamanho da população impactaram o número de casos e mortes, e consequentemente, o

equilíbrio entre o controle da Covid-19 e o crescimento do PIB. O presente estudo aumentou a precisão do controle da Covid-19, corrigindo distorções causadas nos dados reportados por cada país. É importante considerar as capacidades dos diferentes países (MUNDT, 2020).

O índice de controle criado nesta tese comparou países com mais de 100 milhões de habitantes, apresentando variação de 1,3 (Brasil) a 543 (Nigéria) em 2020, e cresceu exponencialmente ao se comparar países com populações acima de 10 milhões. Um estudo semelhante ao primeiro objetivo desta tese concluiu que a menor taxa de risco explica-se pela eficácia das medidas de prevenção em Taiwan, comparando com os países vizinhos, com variação de 1,9 a 947,5 em 2020 (TAN, TAN, *et al.*, 2021). No entanto, os métodos e dados utilizados neste estudo diferem. Enquanto naquele estudo, o cálculo de risco envolveu a compilação de taxas de incidência, mortalidade e testagem, nesta tese, o índice de controle (alto risco indica baixo controle) foi obtido a partir de dois indicadores de risco – infecção e morte – corrigidos por testes e vacinação.

Outro estudo, , mais recente, adotou abordagem semelhante, corrigindo dados para vieses conhecidos, mas difere desta tese em método, dados e propósito. Os autores produziram estimativas de infecções por SARS-CoV-2, utilizaram um modelo de proporção de excesso de mortalidade ajustado para vacinação e criaram um banco de dados empírico com três proporções (infecção-detecção, infecção-hospitalização e infecção-letalidade), desenvolvendo modelos estatísticos para predizer esses dados, com o objetivo de fornecer uma nova abordagem para estimar dados anteriores de SARS-CoV-2 para 190 países. Concluíram que, mesmo com níveis de imunidade total de 80%, não há um limite claro de imunidade de rebanho observado nos dados (TIMELY, 2022).

O segundo objetivo desta tese foi alcançado com a correlação encontrada entre o índice de controle da Covid-19 e o crescimento do PIB do mesmo período, 2020. Dos estudos anteriores publicados de 2020 até 24 de maio de 2024, como demonstrado na sessão 2.3, apenas um concluiu que há relação entre a variação do PIB do mesmo de período. Contudo, esse estudo utilizou apenas mortes por Covid-19, um dos dados epidemiológicos aqui analisados, sem identificar o valor da correlação (GORDON, GRAFTON, *et al.*, 2021).

Outros estudos analisaram mais de um dado epidemiológico. Casos acumulados até 31 de maio de 2021, ajustados por população, idade e disponibilidade de testes, mostraram correlação negativa moderada (0,477) entre países de PIB mais alto (DUROSEAU, KIPSHIDZE, *et al.*, 2023). A taxa de letalidade (mortes/casos) no período da variante Ômicron (novembro de 2021 a junho de 2022) teve impacto do PIB (0,6) em 134 países (SHI, LING, *et al.*, 2023). O grupo com surtos mais fracos, embora em rápido aumento, alta

mortalidade e menor vacinação, apresentou menor valor de pico de casos per capita e maior taxa média de crescimento no período da Ômicron (janeiro a abril de 2022), com correlação positiva com o PIB (0,83) entre 45 países da Ásia (TU, WANG, *et al.*, 2023).

Estudos anteriores, correlacionando apenas casos ou mortes, obtiveram resultados menos expressivos. A correlação entre casos de Covid-19 e a mortalidade por milhão de habitantes (junho de 2020) com o PIB de 2019 foi significativa (0,36 e 0,39, respetivamente) em todos os países (LI, 2021). A relação foi estatisticamente significativa entre a taxa de mortalidade por Covid-19 e o PIB per capita de 2018 (coeficiente 0,28) em 37 países de quatro continentes (PANA, BHATTACHARYA, *et al.*, 2021). A correlação positiva entre PIB (2016, 2017 ou 2018, o que for mais recente) e casos de Covid-19 por milhão de habitantes (0,71) foi observada entre 29 países da Europa (MARTI, PUERTAS, 2021). A alta correlação positiva (0,283 e 0,277) entre o PIB per capita (ano não identificado) e casos de Covid-19 (abril de 2020) enfraqueceu posteriormente (maio a novembro de 2020) entre 119 países (CHAKRABARTY, BHATIA, *et al.*, 2023). Por outro lado, o PIB (ano não identificado) não foi estatisticamente significativo para infecção e mortalidade por Covid-19 durante os primeiros seis meses da pandemia em 18 países aleatórios (ASEM, RAMADAN, *et al.*, 2021).

Outros estudos que não focam no controle e utilizam diferentes métodos, concluem que a economia afeta a mitigação da Covid-19 (CIFUENTES-FAURA, 2021, YAO, ALEYA, *et al.*, 2022).Além disso, uma investigação concluiu que não havia associação estatística entre a incidência da Covid-19 em 2020 e a queda do PIB naquele ano em 17 Comunidades Autónomas de Espanha (PINILLA, BARBER, *et al.*, 2021).

Portanto, esta tese corrobora os resultados da maioria dos estudos encontrados, mas traz uma análise mais robusta. O índice de controle da Covid-19, criado com dados epidemiológicos (casos, óbitos, testes, vacinação e população) e correlacionado com o crescimento do PIB de 159 países em 2020, mostra não apenas uma correlação positiva, mas também que essa correlação é mais expressiva em países com mais de 10 milhões de habitantes (0,61), especialmente no grupo com elevado PIB per capita (0,77).

Entende-se que esta é uma contribuição significativa para o estado da arte, pois acrescenta a perspectiva de que o controle da transmissão da Covid-19 (ou a falta dele) tem forte correlação com o crescimento econômico, com base nos dados do primeiro ano da pandemia. Ou seja, os países com medidas mais eficazes para prevenir a propagação do vírus foram mais eficientes e até alcançaram crescimento econômico. Medidas de controle bem

aplicadas e decisões oportunas permitiram proteger as economias sem expor a população a riscos excessivos. Os setores da saúde e da economia podem crescer juntos.

Além da contribuição para a literatura, é indiscutível a contribuição desta tese para as autoridades de saúde. A capacidade de resposta de um país às emergências sanitárias está diretamente relacionada à sua capacidade de controle, ou seja, à sua habilidade de realizar monitoramento constante e adotar medidas mais eficazes para obter melhores resultados, conforme previsto em estudos anteriores. O rastreamento de contatos, testes mais frequentes e rápidos, aliados ao isolamento dos indivíduos com infecção confirmada, são essenciais para mitigar a pandemia (BITTIHN, HUPE, *et al.*, 2021, DU, PANDEY, *et al.*, 2021, RIOU, PANCZAK, *et al.*, 2021).

Este estudo poderá melhorar a análise por parte das autoridades de saúde. A OMS disponibiliza, em seu site, gráficos e tabelas com dados brutos sobre casos confirmados, óbitos notificados e doses de vacinas administradas, enquanto os indicadores e índices criados nesta tese oferecem resultados mais próximos da realidade. Isto porque, além de agregar os dados epidemiológicos, aplica ajustes para vieses conhecidos.

Por sua vez, esta contribuição beneficiará instituições que utilizam dados da OMS, como o ECDC, que publica dados sobre vacinação, taxas de notificação e indicadores combinados (taxa de notificação, taxa de testes e positividade dos testes) (EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (ECDC), 2021). Este indicador difere do IRI desta tese, pois considera a infecção acumulada em um período, corrigida pela proporção de testes positivos, quando aplicável, incluindo a população e o número de pessoas vacinadas.

6.2 Trabalhos Futuros

Os resultados e conclusões desta tese, embasados por estudos anteriores, suscitaram diversas propostas para trabalhos futuros. A Covid-19 representa, principalmente, uma doença das sociedades modernas e de nível econômico elevado, podendo, portanto, ser considerada uma excepção entre as doenças infecciosas que historicamente afetaram populações mais vulneráveis, residentes em países de baixo e médio rendimento (ZINSOU, LETOURNEUR, *et al.*, 2023).

Por um lado, os primeiros países a serem afetados pela epidemia foram os de rendimento elevado, devido ao seu grau de desenvolvimento, o que os torna mais acessíveis ao comércio internacional (NAFFETI, BOURDIN, *et al.*, 2022). Por outro lado, os resultados

da primeira onda da pandemia de Covid-19 não se aplicam às ondas subsequentes, e os resultados clínicos nos países em desenvolvimento pioraram conforme a pandemia se expandia (YAO, GRAFF, et al., 2022).

Assim, as possibilidades de aprimoramento e as propostas para futuras pesquisas incluem: (1) validar o índice criado em contextos organizacionais deliberativos; (2) analisar o índice de controle da Covid-19 por meio da estratificação de variáveis como idade, sexo e etnia; (3) avaliar a aplicação do índice e indicadores criados nesta tese para outras doenças, como a Dengue e a Monkeypox, podendo ser adaptados para refletir outros resultados e fatores, se necessário; (4) analisar a capacidade de controle de doenças em nível subnacional, visando melhorar as políticas de saúde locais e apoiar a tomada de decisões para garantir o acesso aos serviços de saúde; (5) comparar o controle da Covid-19 com o crescimento do PIB nos anos seguintes (2021, 2022 e 2023) para verificar se houve evolução, especialmente em países onde o pico da pandemia ocorreu posteriormente ou onde a vacinação teve início após o final de 2020; (6) realizar uma avaliação de impacto, examinando os efeitos de longo prazo da Covid-19 na economia.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, E. S., FUNCIA, F. R. "Austeridade fiscal e seus efeitos no Complexo Econômico-Industrial da Saúde no contexto da pandemia da COVID-19 Fiscal austerity and its effects on the Brazilian Health Economic-Industrial Complex in the context of the COVID-19 pandemic La austeridad fisc", **Cadernos de Saude Publica**, v. 37, n. 9, 2021. DOI: 10.1590/0102-311X00100521. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csp/a/qDVjBqNC7Tm8ZQJ5jLhcpDL/#.

ASEM, N., RAMADAN, A., HASSANY, M., *et al.* "Pattern and determinants of COVID-19 infection and mortality across countries : An ecological study", **Heliyon**, v. 7, n. July, p. e07504, 2021. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07504. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07504.

BARBAROSSA, M. V., FUHRMANN, J., MEINKE, J. H., *et al.* "Modeling the spread of COVID-19 in Germany: Early assessment and possible scenarios", **PLoS ONE**, v. 15, n. 9 september, p. 1–22, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0238559. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0238559.

BARBERIA, L. G., GÓMEZ, E. J. "Comment: Political and institutional perils of Brazil's COVID-19 crisis", **The Lancet**, v. 396, n. 10248, p. 367–368, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31681-0. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31681-0/fulltext.

BEDFORD, J., ENRIA, D., GIESECKE, J., *et al.* "COVID-19: towards controlling of a pandemic", **The Lancet**, v. 395, n. 10229, p. 1015–1018, Mar. 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30673-5. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30673-5/fulltext.

BITTIHN, P., HUPE, L., ISENSEE, J., *et al.* "Local measures enable COVID-19 containment with fewer restrictions due to cooperative effects", **EClinicalMedicine**, v. 32, p. 1–8, 2021. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100718. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(20)30462-4/fulltext.

BLUKACZ, A., CABIESES, B. "Correspondence: COVID-19: leaving no one behind in Latin America", **The Lancet**, v. 396, n. 10257, p. 1070–1070, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32073-0. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32073-0.

BOLLYKY, T. J., HULLAND, E. N., BARBER, R. M., *et al.* "Pandemic preparedness and COVID-19 : an exploratory analysis of infection and fatality rates , and contextual factors associated with preparedness in 177 countries , from Jan 1 , 2020 , to Sept 30 , 2021", **The Lancet**, v. 399, p. 1489–1512, 2022. DOI: 10.1016/ S0140-6736(22)00172-6. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(22)00172-6/fulltext.

BONNET, G., PEARSON, C. A. B., TORRES-RUEDA, S., *et al.* "A Scoping Review and Taxonomy of Epidemiological-Macroeconomic Models of COVID-19", **Value in Health**, v. 27, n. 1, p. 104–116, 2024. DOI: 10.1016/j.jval.2023.10.008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jval.2023.10.008.

BRITO, A. F., SEMENOVA, E., DUDAS, G., *et al.* "Global disparities in SARS-CoV-2 genomic surveillance", **Nature Communications**, n. March 2020, p. 13, 2022. DOI: 10.1038/s41467-022-33713-y. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41467-022-33713-y.

CALLAWAY, E., LEDFORD, H., VIGLIONE, G., *et al.* "COVID and 2020: An extraordinary year for science", **Nature**, v. 588, n. 7839, p. 550–552, 2020. DOI:

10.1038/d41586-020-03437-4. Disponível em: https://www.nature.com/immersive/d41586-020-03437-4/index.html.

CAMPBELL, T., GALVANI, A. P., FRIEDMAN, G., *et al.* "Exacerbation of COVID-19 mortality by the fragmented United States healthcare system: A retrospective observational study", **The Lancet Regional Health - Americas**, v. 12, p. 100264, 2022. DOI: 10.1016/j.lana.2022.100264. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lana.2022.100264.

CANÇADO, A. C., TENÓRIO, F. G., PEREIRA, J. R. **Gestão Social : epistemologia de um paradigma**. 3. ed. Tocantins, MC&G Editorial: Universidade Federal do Tocantins, 2022.

CANCEDDA, C., CAPPELLATO, A., MANINCHEDDA, L., *et al.* "Social and economic variables explain COVID - 19 diffusion in European regions", **Scientific Reports**, p. 1–13, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-56267-z. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-024-56267-z.

CARTAXO, A. N. S., BARBOSA, F. I. C., BERMEJO, P. H. de S., *et al.* "The exposure risk to COVID-19 in most affected countries: A vulnerability assessment model", **PLoS ONE**, v. 16, n. 3 March, p. 1–20, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0248075. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0248075.

CARTAXO, A. N. S., BARBOSA, F. I. C., DE SOUZA BERMEJO, P. H., *et al.* "Vaccination, Testing, Infection, and Death: How Optimum COVID-19 Control Improved GDP Growth in Countries Worldwide", **SSRN**, 2022. DOI: 10.2139/ssrn.4276631. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4276631.

CHAKRABARTY, D., BHATIA, B., JAYASINGHE, M., *et al.* "Relative deprivation, inequality and the Covid-19 pandemic", **Social Science and Medicine**, v. 324, n. August 2022, p. 115858, 2023. DOI: 10.1016/j.socscimed.2023.115858. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2023.115858.

CHAUVIN, L. "World Report: Peruvian COVID-19 vaccine scandal spreads", **Lancet (London, England)**, v. 397, n. 10276, p. 783–783, 2021. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00508-0. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00508-0.

CIFUENTES-FAURA, J. "COVID-19 Mortality Rate and Its Incidence in Latin America: Dependence on Demographic and Economic Variables", **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 6900, p. 10, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18136900. Disponível em: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/13/6900.

COELHO, F. C., LANA, R. M., CRUZ, O. G., *et al.* "Assessing the spread of COVID-19 in Brazil: Mobility, morbidity and social vulnerability", **PLoS ONE**, v. 15, n. 9 September, p. 1–11, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0238214. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0238214.

COOPER, D. R., SCHINDLER, P. S. **Métodos De Pesquisa Em Administração**. 12. ed. Porto Alegre, AMGH Editora Ltda., 2016. Disponível em: www.grupoa.com.br.

DE CASTRO, A. P. B., MOREIRA, M. F., DE SOUZA BERMEJO, P. H., *et al.* "Mortality and years of potential life lost due to COVID-19 in Brazil", **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 14, p. 1–17, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18147626. Disponível em: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/14/7626.

DU, Z., PANDEY, A., BAI, Y., *et al.* "Comparative cost-effectiveness of SARS-CoV-2 testing strategies in the USA: a modelling study", **The Lancet Public Health**, v. 6, n. 3, p. e184–e191, 2021. DOI: 10.1016/S2468-2667(21)00002-5. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00002-5.

DUROSEAU, B., KIPSHIDZE, N., LIMAYE, R. J. "The impact of delayed access to COVID- vaccines in low- and lower-middle-income countries", **Frontiers in Public Health**, v. 10–2022, p. 15, 2023. DOI: 10.3389/fpubh.2022.1087138. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.1087138/full.

EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (ECDC). **Combined indicator: 14-day notification rate, testing rate and test positivity, updated 2 September 2021 (colour-blind friendly), weeks 33-34**. 2021. Disponível em: https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/combined-indicator-14-day-notification-rate-testing-rate-and-test-positivity-41. Acesso em: 11 feb. 2023.

FERNÁNDEZ, O., KANG, S., LAILY NOOR IKHSANTO, jurusan teknik mesin, *et al.* "Considerations for Evaluation of COVID19 Vaccines", **WHO**, v. 2017, n. 1, p. 1–9, 2020. Disponível em: https://www.who.int/medicines/regulation/prequalification/prequal-vaccines/WHO_Evaluation_Covid_Vaccine.pdf?ua=1.

FLEURY, M. T. L., WERLANG, S., "Pesquisa aplicada – reflexões sobre conceitos e abordagens metodológicas". **Revista Biblioteca digital FGV**, São Paulo, FGV, 2016. v. 1. p. 53–60.

FLEURY, M. T. L., WERLANG, S. R. C., "Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens". **Anuário de Pesquisa 2016-2017**, São Paulo, GV PESQUISA, 2017. p. 10–15. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/view/72796.

GAO, L., ZHENG, C., SHI, Q., *et al.* "Multiple introduced lineages and the single native lineage co-driving the four waves of the COVID- pandemic in West Africa", **Front Public Health**, 2022. DOI: 10.3389/fpubh.2022.957277. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.957277/full.

GEUBBELS, E. L. P. E., BACKER, J. A., BAKHSHI-RAIEZ, F., *et al.* "The daily updated Dutch national database on COVID-19 epidemiology, vaccination and sewage surveillance", **Nature Scientific Data**, v. 10, n. 469, 2023. DOI: 10.1038/s41597-023-02232-w. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41597-023-02232-w.

GILBERT, M., PULLANO, G., PINOTTI, F., *et al.* "Preparedness and vulnerability of African countries against importations of COVID-19: a modelling study", **The Lancet**, v. 395, n. 10227, p. 871–877, Mar. 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30411-6. Disponível em: https://doi.org/10.1016/ S0140-6736(20)30411-6.

GORDON, D. V, GRAFTON, R. Q., IVAR, S. "Cross-country effects and policy responses to COVID-19 in 2020 : The Nordic countries", **Economic Analysis and Policy**, v. 71, p. 198–210, 2021. DOI: 10.1016/j.eap.2021.04.015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.04.015.

HAN, Y., XU, T. "Chinese model in global COVID-19 prevention and control : Successful experience , institutional advantages and optimal path", **Heliyon**, v. 10, n. 3, p. e25701, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25701. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25701.

IMF. **UM ANO COMO NENHUM OUTRO**. . [S.l: s.n.], 2020. Disponível em: https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2020/eng/downloads/imf-annual-report-2020-pt.pdf.

INTERNATIONAL MONETARY FUND. **Real GDP growth**. 2023. Disponível em: https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD. Acesso em: 11 feb. 2023.

JI, Y., MA, Z., PEPPELENBOSCH, M. P., *et al.* **Potential association between COVID-19**

mortality and health-care resource availability. **The Lancet Global Health**. [S.l.], The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30068-1.

KANDEL, N., CHUNGONG, S., OMAAR, A., *et al.* "Health security capacities in the context of COVID-19 outbreak: an analysis of International Health Regulations annual report data from 182 countries", **The Lancet**, v. 395, n. 10229, p. 1047–1053, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30553-5. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30553-5.

KIM, J. H., MARKS, F., CLEMENS, J. D. "Looking beyond COVID-19 vaccine phase 3 trials", **Nature Medicine**, v. 27, n. 2, p. 205–211, 2021. DOI: 10.1038/s41591-021-01230-y. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/s41591-021-01230-y.

KOLIAS, P. "Applying Benford's law to COVID-19 data: the case of the European Union", **Journal of Public Health**, v. 44, n. 2, p. e221–e226, 2022. DOI: 10.1093/pubmed/fdac005. Disponível em: https://doi.org/pubmed/fdac005.

KUCHARSKI, A. J., KLEPAC, P., CONLAN, A., *et al.* "Effectiveness of isolation, testing, contact tracing and physical distancing on reducing transmission of SARS-CoV-2 in different settings: a mathematical modelling study", **medRxiv**, v. 3099, n. 20, p. 2020.04.23.20077024, 2020. DOI: 10.1101/2020.04.23.20077024. Disponível em: http://medrxiv.org/content/early/2020/04/29/2020.04.23.20077024.abstract.

KUMAR, A., DOWLING, W. E., ROMÁN, R. G., *et al.* "Status Report on COVID-19 Vaccines Development", **Current Infectious Disease Reports**, v. 23, p. 12, 2021. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11908-021-00752-3.

LI, W. X. "Worldwide inverse correlation between Bacille Calmette–Guérin (BCG) immunization and COVID-19 mortality", **Infection**, v. 49, n. 3, p. 463–473, 2021. DOI: 10.1007/s15010-020-01566-6. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s15010-020-01566-6.

LIU, (Q, YANG, J., LIU, Q., *et al.* "The experiences of health-care providers during the COVID-19 crisis in China: a qualitative study", **The Lancet Global Health**, n. 20, p. 1–9, 2020. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30204-7. Disponível em: www.thelancet.com/lancetgh.

MACHARIA, P. M., JOSEPH, N. K., OKIRO, E. A. "A vulnerability index for COVID-19: spatial analysis at the subnational level in Kenya", **BMJ Global Health**, v. 5, n. 8, p. e003014, 2020. DOI: 10.1136/bmjgh-2020-003014. Disponível em: https://gh.bmj.com/content/5/8/e003014.

MARTI, L., PUERTAS, R. "European countries' vulnerability to COVID-19: multicriteria decision-making techniques", **Economic Research-Ekonomska Istrazivanja**, v. 34, n. 1, p. 3309–3320, 2021. DOI: 10.1080/1331677X.2021.1874462. Disponível em: https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1874462.

MOORE, M., GELFELD, B., OKUNOGBE, A., *et al.* **Identifying Future Disease Hot Spots: Infectious Disease Vulnerability Index**. Santa Monica, RAND Corporation, 2016. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1605.html. Acesso em: 21 jun. 2020.

MOORE, S., HILL, E. M., TILDESLEY, M. J., *et al.* "Vaccination and non-pharmaceutical interventions for COVID-19: a mathematical modelling study", **The Lancet Infectious Diseases**, v. 3099, n. 21, p. 1–11, 2021. DOI: 10.1016/S1473-3099(21)00143-2. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(21)00143-2.

MUNDT, A. P. "Correspondence: Assessing government responsibility for COVID-19

deaths", **The Lancet**, v. 397, n. 10282, p. 1345, 2021. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00529-8. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00529-8.

MUNDT, A. P. "Correspondence: Complex politics in nations' COVID responses", **Nature**, v. 586, n. 7830, p. 500–500, 22 Oct. 2020. DOI: 10.1038/d41586-020-02930-0. Disponível em: http://www.nature.com/articles/d41586-020-02930-0.

NAFFETI, B., BOURDIN, S., ARIBI, W. Ben, *et al.* "Spatio-temporal evolution of the COVID- across African countries", **Frontiers in Genetics**, p. 15, 2022. DOI: 10.3389/fpubh.2022.1039925. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.1039925/full.

OECD. **Flattening the covid-19 peak : Containment and mitigation policies**. . [S.l: s.n.], 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1787/384b1921-pt.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Regulamento Sanitário Internacional (2005): Ferramenta de auto-avaliação e relatório anual dos Estados Partes**. segunda ed. Brazzaville, Organização Mundial da Saúde, Escritório regional para a África, 2022. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/health-security-preparedness/cap/spar/9789290341444-por-(2).pdf?sfvrsn=2476c1f5_3.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **OMS declara fim da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional referente à COVID-19**. 2023. Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/5-5-2023-oms-declara-fim-da-emergencia-saude-publica-importancia-internacional-referente. Acesso em: 14 oct. 2023.

OUR WORLD IN DATA. **Coronavirus Pandemic (COVID-19)**. 2024. Our World in Data. Disponível em: https://ourworldindata.org/coronavirus. Acesso em: 27 apr. 2024.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). **1 in 4 COVID-19 deaths reported globally last week happened in the Americas**. 2021. Disponível em: https://www.paho.org/en/news/28-4-2021-1-4-covid-19-deaths-reported-globally-last-week-happened-americas. Acesso em: 11 feb. 2023.

PANA, T. A., BHATTACHARYA, S., GAMBLE, D. T., *et al.* "Country-level determinants of the severity of the first global wave of the COVID-19 pandemic: an ecological study", **BMJ Open**, p. 10, 2021. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-042034. Disponível em: https://bmjopen.bmj.com/content/11/2/e042034.

PERDIGÃO, D. M., HERLINGER, M., WHITE, O. M., *et al.* **Teoria e Prática da pesquisa aplicada.** 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda., 2012.

PINILLA, J., BARBER, P., VALLEJO-TORRES, L., *et al.* "The Economic Impact of the SARS-COV-2 (COVID-19) Pandemic in Spain", **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 4708, p. 13, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18094708. Disponível em: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/9/4708.

POWELL-JACKSON, T., KING, J. J. C., MAKUNGU, C., *et al.* "Infection prevention and control compliance in Tanzanian outpatient facilities: a cross-sectional study with implications for the control of COVID-19", **The Lancet Global Health**, v. 8, n. 6, p. e780–e789, 2020. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30222-9. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30222-9.

PRATA, D. N., RODRIGUES, W., BERMEJO, P. H. "Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub)tropical cities of Brazil", **Science of the Total Environment**, v. 729, n. 138862, p. 7, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138862. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138862.

PRATA, D., RODRIGUES, W., DE SOUZA BERMEJO, P. H., *et al.* "The relationship between (sub)tropical climates and the incidence of COVID-19", **PeerJ**, v. 9, p. e10655, 5 Feb. 2021. DOI: 10.7717/peerj.10655. Disponível em: https://peerj.com/articles/10655/.

PRATA, D., RODRIGUES, W., QUEIROZ TREVISAN, D. M. de, *et al.* "Climatic factors associated with economic determinants significantly affect the spread of COVID-19 in tropical Brazil", **One Health**, v. 14, n. 100375, p. 5, 2022. DOI: 10.1016/j.onehlt.2022.100375. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100375.

QUIRINO, H. D., BRITO, G. L. R. "Modelagem e otimização de um sistema elétrico interconectado". 2015. **Anais** [...] Palmas - TO, UFT, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327142540_MODELAGEM_E_OTIMIZACAO_DE_UM_SISTEMA_ELETRICO_INTERCONECTADO.

REY-MARTINEZ, M. S., REY-MARTINEZ, M. H., MARTINEZ-RODRIGUEZ, N., *et al.* "Influence of the Sanitary , Economic , and Social Crisis of COVID-19 on the Emotional State of Dentistry in Galicia (Spain)", **International Journal of Environmental Research and Public Health**, p. 12, 2023. DOI: 10.3390/ijerph20043088. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph20043088.

RIOU, J., PANCZAK, R., ALTHAUS, C. L., *et al.* "Socioeconomic Position and the Cascade From SARS-CoV-2 Testing to COVID-19 Mortality: Population-Based Analysis of Swiss Surveillance Data", **Lancet Public Health**, v. 2667, n. 21, p. 1–10, 2021. DOI: 10.1016/S2468-2667(21)00160-2. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00160-2.

SACHS, J. D., ABDOOL KARIM, S., AKNIN, L., *et al.* "Lancet COVID-19 Commission Statement on the occasion of the 75th session of the UN General Assembly", **The Lancet**, v. 396, n. 10257, p. 1102–1124, Oct. 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31927-9. Disponível em: https://doi.org/10.1016/ S0140-6736(20)31927-9.

SALES, G. P., JÚNIOR, J. M. S., ROCHA, M. L., *et al.* "Preliminary study on standards of use for the electronic patient record development : an exploratory research", p. 8, 2015.

SALYER, S. J., MAEDA, J., SEMBUCHE, S., *et al.* "The first and second waves of the COVID-19 pandemic in Africa: a cross-sectional study.", **Lancet (London, England)**, v. 397, n. 10281, p. 1265–1275, 2021. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00632-2. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00632-2/fulltext.

SHI, X., LING, G. H. T., LENG, P. C., *et al.* "Associations between institutional-social-ecological factors and COVID -19 case-fatality: Evidence from 134 countries using multiscale geographically weighted regression (MGWR)", **One Health**, v. 16, n. November 2022, p. 100551, 2023. DOI: 10.1016/j.onehlt.2023.100551. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100551.

SIDIBÉ, M. L., YONABA, R., TAZEN, F., *et al.* "Understanding the COVID - 19 pandemic prevalence in Africa through optimal feature selection and clustering : evidence from a statistical perspective", **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, n. August, p. 13565–13593, 2022. DOI: 10.1007/s10668-022-02646-3. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10668-022-02646-3.

SKEGG, D., GLUCKMAN, P., BOULTON, G., *et al.* "Comment: Future scenarios for the COVID-19 pandemic", **The Lancet**, v. 397, n. 10276, p. 777–778, 2021. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00424-4. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00424-4.

SOUSA FILHO, J. F. De, SILVA, U. M., LIMA, L. L., *et al.* "Association of urban inequality and income segregation with COVID-19 mortality in Brazil", **PLoS ONE**, p. 1–12, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0277441. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0277441.

TAN, T. W., TAN, H. L., CHANG, M. N., *et al.* "Effectiveness of Epidemic Preventive Policies and Hospital Strategies in Combating COVID-19 Outbreak in Taiwan", **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3456, p. 1–19, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18073456. Disponível em: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/7/3456/htm.

THE LANCET. "Editorial: COVID-19 in Latin America: a humanitarian crisis", **The Lancet**, v. 396, n. 10261, p. 1463–1463, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32328-X. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32328-X.

THE WORLD BANK. **Auxílio Emergencial, Lições da experiência brasileira em resposta à COVID-19**. . [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099205012022128987/pdf/P1748360efc96a06e09b020cf56c8465c9b.pdf.

TIMELY, B. "Estimating global, regional, and national daily and cumulative infections with SARS-CoV-2 through Nov 14, 2021: a statistical analysis", **The Lancet**, p. 1–30, 2022. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00484-6. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(22)00484-6/fulltext.

TU, H., WANG, X., TANG, S. "Exploring COVID-19 transmission patterns and key factors during epidemics caused by three major strains in Asia", **Journal of Theoretical Biology**, v. 557, n. June 2022, p. 111336, 2023. DOI: 10.1016/j.jtbi.2022.111336. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2022.111336.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 51**. . Geneva, [s.n.], 2020. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf?sfvrsn=1ba62e57_10. Acesso em: 14 aug. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **COVID-19 weekly epidemiological update**. **World Health Organization**. [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: https://www.who.int/publications/m/item/covid-19-weekly-epidemiological-update.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **IHR States Parties Annual Reporting global submission status per year**. 2019. Disponível em: https://extranet.who.int/e-spar/Home/Capacity. Acesso em: 24 jul. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **RSI Capability Score**. 2023a. Disponível em: https://extranet.who.int/e-spar/#capacityscore. Acesso em: 6 jul. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard**. 2023b. Disponível em: https://covid19.who.int/. Acesso em: 11 feb. 2023.

WORLDOMETERS. **Reported Cases and Deaths by Country or Territory**. 2023. Disponível em: https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries. Acesso em: 11 feb. 2023.

WOUTERS, O. J., SHADLEN, K. C., SALCHER-KONRAD, M., *et al.* "Challenges in ensuring global access to COVID-19 vaccines: production, affordability, allocation, and deployment", **The Lancet**, v. 397, n. 10278, p. 1023–1034, 2021. DOI: 10.1016/s0140-6736(21)00306-8. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00306-8.

WYPER, G. M. A., ASSUNÇÃO, R., CUSCHIERI, S., *et al.* "Correction to: Population vulnerability to COVID-19 in Europe: a burden of disease analysis", **Archives of Public Health**, v. 78, n. 1, p. 57, 18 Dec. 2020. DOI: 10.1186/s13690-020-00437-8. Disponível em: https://archpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13690-020-00437-8.

YAO, L., ALEYA, L., HOWARD, S. C., *et al.* "Variations of COVID-19 mortality are affected by economic disparities across countries", **Science of the Total Environment**, v. 832, n. March, p. 11, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154770. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722018630?via%3Dihub.

YAO, L., GRAFF, J. C., ALEYA, L., *et al.* "Mortality in Four Waves of COVID-19 Is Differently Associated with Healthcare Capacities Affected by Economic Disparities", **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 7, n. 9, p. 241, 10 Sep. 2022. DOI: 10.3390/tropicalmed7090241. Disponível em: https://www.mdpi.com/2414-6366/7/9/241.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. [S.l: s.n.], 2015.

ZINSOU, B., LETOURNEUR, D., MURIEL, R., *et al.* "Main modulators of COVID-19 epidemic in sub-Saharan Africa", **Heliyon**, v. 9, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12727. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022040154.