



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO EM ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO

LUCY MEIRY CHAVES NUNES

**COVID-19 E SEUS IMPACTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DE
EQUILÍBRIO GERAL**

FORTALEZA

2024

LUCY MEIRY CHAVES NUNES

COVID-19 E SEUS IMPACTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DE
EQUILÍBRIO GERAL

Dissertação apresentada à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Economia da
Universidade Federal do Ceará – UFC, como
parte dos requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Economia do Setor Público.

Área de concentração: Crescimento Econômico

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio de
Castro Pereira

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N926c Nunes, Lucy Meiry Chaves.
Covid-19 e seus impactos na economia brasileira : uma análise de equilíbrio geral / Lucy Meiry Chaves
Nunes. – 2024.
28 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração,
Atuária e Contabilidade, Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Ricardo Antônio de Castro Pereira.

1. Pandemia. 2. Crescimento econômico. 3. Auxílio emergencial. 4. Distanciamento social. I. Título.
CDD 330

LUCY MEIRY CHAVES NUNES

COVID-19 E SEUS IMPACTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DE
EQUILÍBRIO GERAL

Dissertação apresentada à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Economia da
Universidade Federal do Ceará – UFC, como
parte dos requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Economia do Setor Público.

Área de concentração: Crescimento Econômico

Aprovada em: ___ / ___ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Antônio de Castro Pereira

Universidade Federal Do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo de Castro Callado

Universidade Federal Do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Arley Rodrigues Bezerra

Universidade Federal Rural De Pernambuco (UFRPE)

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte inesgotável de amor, pela proteção em todos os dias de minha vida.

Aos meus pais Mário Sales Nunes (*in memoriam*) Cesarina Chaves Nunes, pelo incentivo durante minha trajetória de vida. Ao meu esposo Ruy Madruga de Sá, pelo companheirismo, pela convivência amorosa e pelos inúmeros momentos de estudos compartilhados. Aos meus filhos Waldy, Thaís, Fernando Victor razões da minha vida.

Agradeço ao meu irmão Mário César e Yluska Machado pelo incentivo durante este processo de crescimento, busca pelo conhecimento e capacitação teórica na área de economia. Não poderia me faltar em agradecer à Universidade Federal do Ceará - UFC por toda a estrutura disponibilizada e aos professores do curso de mestrado em economia do setor público.

Ao Prof. Dr. Ricardo Antônio de Castro Pereira, orientador, pelo apoio ao tema desta monografia, pelo direcionamento, orientação, zelo e paciência que culminaram no término desse trabalho.

Aos membros da banca avaliadora: Prof. Dr. Marcelo de Castro Callado e Prof. Dr. Arley Rodrigues Bezerra, pela solicitude e pelas importantes pontuações, colaborações e sugestões que implicaram na melhoria da versão final desta dissertação.

Se algum dia vocês forem surpreendidos pela injustiça ou pela ingratidão, não deixem de crer na vida, de engrandecê-la pela decência, de construí-la pelo trabalho

(Edson Queiroz)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos da pandemia do COVID-19 sobre o bem-estar na economia brasileira, juntamente com as medidas implementadas de combate à disseminação do vírus. Com este intuito, foi construído um modelo dinâmico de equilíbrio geral no qual a exposição ao vírus é determinada pelo consumo de bens públicos e privados e pelas horas trabalhadas. A exposição atua como um redutor do tempo disponível do agente representativo, associada com a doença decorrente. O modelo tem período trimestral e foi calibrado para representar a economia brasileira ao fim de 2019. São avaliados os impactos de bem-estar da pandemia com diferentes períodos de início da vacinação, combinadas com o auxílio emergencial, as medidas de distanciamento e a combinação das duas políticas. Os resultados encontrados sugerem que menores reduções no bem-estar das famílias estão associadas ao início antecipado da vacinação e os pagamentos do auxílio emergencial. Apesar de reduzir a exposição, o limite imposto pelas políticas de distanciamento é inferior à escolha ótima das famílias, potencializando os efeitos negativos sobre o bem-estar.

Palavras-Chave: Pandemia. Crescimento econômico. Auxílio emergencial. Distanciamento social.

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the welfare impacts of the COVID-19 pandemic in Brazilian economy, combined with the measures implemented to combat the spread of the virus. For this purpose, a dynamic general equilibrium model was constructed in which exposure to the virus is determined by the consumption of public and private goods and the hours worked. Exposure serves as an available time diminisher of the representative agent, associated with the resulting disease. The model has a quarterly period and was calibrated to represent the Brazilian economy at the end of 2019. The welfare impacts of the pandemic are assessed with different vaccination start times, combined with emergency aid, distancing measures and the combination of the two policies. The results found suggest that smaller welfare reductions are associated with the early start of vaccination and emergency aid payments. Despite reducing exposure, the limit imposed by distancing policies is lower than the families' optimal choice, increasing the negative welfare effects.

Keywords: Pandemic. Economic growth. Emergency aid. Social distancing.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Produto nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 4º trimestre de 2020 ...	22
Gráfico 2 Produto nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 1º trimestre de 2021 ...	22
Gráfico 3 Produto nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 2º trimestre de 2021 ...	23
Gráfico 4 Exposição ao vírus nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 4º trimestre de 2020	23
Gráfico 5 Exposição ao vírus nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 1º trimestre de 2021	24
Gráfico 6 Exposição ao vírus nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 2º trimestre de 2021	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da Calibração	20
Tabela 2 – Resultados de bem-estar considerando incrementos no lazer (x).....	25
Tabela 3 – Resultados de bem-estar desconsiderando incrementos no lazer (xe).....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
3. MODELO	14
3.2. Produção	16
3.3. Setor Público	16
3.4. Definição do equilíbrio	17
3.5. Medida de bem-estar	17
4. CALIBRAÇÃO	19
4.1. Parâmetros estruturais	19
4.2. Parâmetros fiscais	19
4.3. Parâmetros comportamentais e de exposição ao vírus	20
5. SIMULAÇÕES	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26

1. INTRODUÇÃO

A pandemia global desencadeada pelo vírus da COVID-19 surge como um dos eventos mais significativos e impactantes das últimas décadas. Com sua intensa propagação e consequências nos mais diversos âmbitos da vida social, esta crise sanitária tem afetado profundamente todas as esferas da sociedade, desafiando nossas estruturas de saúde, economia e bem-estar.

O surto do COVID-19, originado no final de 2019, ganhou uma proporção sem precedentes, se espalhando rapidamente por todo o globo e infectando milhões de pessoas. A doença relacionada ao vírus, caracterizada pela alta transmissibilidade e manifestações clínicas graves em parte dos casos, pôs os sistemas de saúde à beira do colapso, obrigando governos e instituições a tomarem medidas drásticas para conter sua disseminação.

Além do impacto direto sobre a saúde, a pandemia provocada pelo COVID-19 teve efeitos avassaladores na economia global. O fechamento de fronteiras, restrições de viagem e medidas de isolamento social levaram a uma paralisação da economia, resultando em perdas significativas de empregos, falências de empresas e turbulências nos mercados financeiros. Embora em segundo plano, os efeitos econômicos gerados a partir da pandemia e as consequentes medidas de contenção da contaminação são aspectos relevantes que requerem análises aprofundadas. Ao avaliar os desdobramentos ocorridos, é fundamental considerar cenários contrafactuais a fim de realizar comparações que possam ajudar a determinar, em certa medida, se a estratégia adotada foi a mais apropriada no contexto em questão.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos da pandemia sobre o crescimento e bem-estar na economia brasileira a partir de um modelo de equilíbrio geral, onde a exposição ao vírus atua como um redutor da saúde dos agentes, limitando sua dotação de tempo em cada período e afetando sua utilidade. Além da presente introdução, o trabalho apresenta mais cinco seções. A seção a seguir apresenta uma breve revisão de literatura sobre a aplicação de modelos de equilíbrio geral na avaliação de impactos da pandemia. A terceira seção discute a formulação do modelo utilizada no presente trabalho, enquanto a quarta seção apresenta a calibração utilizada para retratar a economia brasileira. A quinta seção apresenta as simulações propostas com seus respectivos resultados. Finalmente, a sexta seção discute as principais conclusões do presente trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Devido ao caráter ímpar da pandemia e à escala do problema enfrentado, pesquisadores das mais diversas frentes buscaram elaborar conjecturas sobre o assunto. Especificamente, em economia surgiram vários modelos macroeconômicos usados em simulações para compreender os efeitos diretos da pandemia e suas ramificações. Um dos direcionamentos mais utilizados seguiram Toroj (2013) na avaliação dos impactos de uma pandemia de influenza na Polônia, ao complementar modelos macroeconômicos usuais com alterações do modelo epidemiológico SIR desenvolvido por Kermack e McKendrick (1927).

Glover *et al.* (2023) constroem um modelo no qual a atividade econômica e a progressão da doença são determinadas de forma conjunta. A transmissão da doença ocorre no ambiente de trabalho, atividades de consumo, em casas e nos hospitais. Os autores encontram que a política ótima de distribuição e mitigação refletem políticas divergentes de diferentes subgrupos da população.

Jones, Philippon e Venkateswaran (2021) avaliam a resposta de uma economia frente à uma pandemia não esperada. O modelo considera que as famílias mitigam a doença ao reduzir consumo e horas trabalhadas fora de casa, com um sistema de saúde sujeito à congestão. Os resultados encontrados indicam que os incentivos individuais de mitigação são menores que os do planejador social.

Eichenbaum, Rebelo e Trabandt (2021) expandem o modelo SIR para incorporar a interação entre a pandemia e o desempenho da economia, além de definirem variações para o modelo construído ao incorporar a possibilidade de tratamento eficaz, vacina e congestões de atendimento no sistema de saúde. Os resultados encontrados indicam a existência de um trade-off entre o nível de gravidade da pandemia na saúde e a profundidade da recessão econômica associada às medidas de contenção da propagação do vírus.

Borelli e Góes (2021) implementam a versão completa do modelo de Eichenbaum, Rebelo e Trabandt (2021) para avaliar comparativamente cinco estados brasileiros (São Paulo, Amazonas, Ceará, Rio de Janeiro e Pernambuco), com o intuito de investigar como a heterogeneidade entre estes afetou o desempenho econômico e de combate à pandemia. Os resultados apontam que as diferenças entre os estados determinam políticas ótimas de contenção de contágio distintas entre eles.

No entanto, os estudos não se limitaram ao uso de modelos dinâmicos de equilíbrio geral com bloco epidemiológico. Cardoso *et. al* (2021) utiliza um modelo de equilíbrio geral computável como as políticas de contenção do vírus e o auxílio emergencial afetaram a economia e diferentes tipos de famílias separadas por classes de renda. Os autores sugerem que os efeitos benéficos do auxílio emergencial foram consistentes para a população mais vulnerável, de forma que sua manutenção é favorável enquanto persistirem os efeitos “agudos” da pandemia.

Em uma abordagem semelhante, Porsse *et. al* (2020) avaliam os efeitos da pandemia em um modelo inter-regional para a economia brasileira a partir de um choque negativo na oferta de trabalho e paralização de atividades em setores não essenciais. Em um segundo momento, os autores consideram os impactos de uma política fiscal anticíclica. Os resultados encontrados apontam o papel da política fiscal para atenuar os impactos econômicos da pandemia do COVID-19.

Também em uma abordagem distinta da incorporação do modelo SIR em modelo macroeconômico, Davtyan, Igityan e Manukyan (2021) avaliam a pandemia em um modelo DSGE com agentes ricardianos e não ricardianos. As infecções são consideradas diretamente na utilidade dos agentes e na produtividade, sendo determinada pelo consumo e oferta de trabalho a partir de uma função de reprodução.

Asoyan *et. al* (2020) também expandem um modelo DSGE para avaliar os impactos da pandemia do COVID-19. Os autores consideram um modelo no qual um estoque de saúde ao estilo Grossman (1972) afeta diretamente à utilidade dos agentes e a pandemia é determinada por um choque negativo exógeno no nível de saúde.

O presente trabalho utiliza uma abordagem mais próxima aos trabalhos de Davtyan, Igityan e Manukyan (2021) e Asoyan *et. al* (2020) ao considerar um modelo dinâmico de equilíbrio geral sem um bloco epidemiológico, diferenciando-se ao incorporar a exposição ao vírus afetando a utilidade dos agentes pela determinação de uma parcela de tempo desperdiçada ao adoecer.

3. MODELO

O modelo utilizado trata-se de uma modificação do modelo de crescimento econômico neoclássico, expandido para incorporar os efeitos da pandemia do COVID 19 sobre a utilidade do agente representativo. A pandemia é definida como um fator de exposição determinada parcialmente pelo consumo privado, serviços de consumo do governo e horas trabalhadas. A exposição ao vírus resulta na redução da dotação de tempo do agente representativo, devido ao tempo perdido relacionado com a doença. A porcentagem da população vacinada atua como um redutor da exposição ao vírus, reduzindo o impacto no tempo disponível.

A economia fechada do modelo é composta por um agente representativo que realiza escolhas sobre consumo, investimento e lazer, uma firma representativa que realiza as atividades produtivas e um setor público de orçamento equilibrado em todos os períodos. Assim a demanda agregada da economia é dada por:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (1)$$

Onde Y_t é o produto agregado da economia, C_t representa o consumo privado, I_t são os investimentos em capital fixo, G_t é a oferta de serviços públicos de consumo para as famílias.

3.1. Famílias

O modelo considera um contínuo de famílias idênticas que vivem infinitos períodos, de forma que seja possível determinar seu comportamento a partir de um agente representativo. Este agente realiza escolhas sobre o consumo, lazer, gastos em investimento e exposição ao vírus de forma a maximizar seu fluxo descontado de utilidade.

Considera-se que a oferta de serviços públicos de consumo seja interpretada pelo agente representativo como substitutos próximos para o consumo privado, de forma que uma unidade de serviços públicos de consumo seja equivalente em termos de utilidade à μ unidades de consumo privado (BARRO, 1981).

No período inicial, o agente representativo recebe uma dotação de capital (k_0), escolhendo sua trajetória ótima a partir dos investimentos (i_t). Em cada período, o agente representativo recebe uma dotação de tempo para ser alocada entre lazer e trabalho. Esta última sofre uma restrição determinada pela exposição ao COVID 19 (e_t), com impacto ponderado pela proporção de infecção e adoecimento para cada unidade de exposição. A abordagem é

influenciada pelos direcionamentos propostos em Grossman (1972), onde o nível de saúde dos agentes determina a parcela de tempo que estes perdem ao adoecer. O fluxo descontado de utilidade é dado por:

$$U = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\ln(c_t + \mu g_t) + \psi \ln(1 - l_t - \theta e_t)] \quad (2)$$

Onde β é o fator de desconto intertemporal, l_t é a quantidade de horas trabalhadas, ψ é o peso relativo do lazer na utilidade e θ é um parâmetro que determina a quantidade de tempo perdida ao adoecer por unidade de exposição ao vírus. A acumulação do estoque de capital é determinada pelo nível de investimento privado, deduzido da depreciação de taxa constante δ :

$$k_{t+1} = i_t + (1 - \delta)k_t \quad (3)$$

Admite-se que exposição ao vírus siga uma função linear na quantidade de horas trabalhadas e consumo de bens privados e oferecidos pelo setor público, acompanhado de um elemento fixo. A forma funcional é uma adaptação da exposição presente no bloco SIR do modelo utilizado por Jones, Philippon e Venkateswaran (2021) para o contexto de um agente representativo.

$$e_t = (1 - v_t)[\pi^0 + \pi^c(c_t + g_t) + \pi^l l_t] \quad (4)$$

Onde π^c e π^l são as taxas de exposição por unidade de consumo efetivo e por hora trabalhada, respectivamente, enquanto π^0 refere-se ao componente de exposição independente das atividades do agente representativo. As modificações em relação à forma original envolvem a exclusão dos termos associados à redução compulsória do trabalho, assim como às parcelas relacionadas a mortos e doentes. Além disso, no modelo original, a exposição determina a quantidade de infectados e doentes a depender da proporção de infectados e componentes fixos. Neste estudo, a redução no tempo disponível em cada período segue uma proporção fixa, θ , da exposição. A proporção da população vacinada (v_t), com trajetória definida de forma exógena no modelo, reduz a exposição ao vírus do agente representativo.

As famílias recebem rendimentos do trabalho de acordo com a taxa de salário w_t , dos retornos do capital de acordo com taxa de aluguel r_t e de transferências do setor público (t_t). A restrição orçamentária de cada período é dada por:

$$(1 - \tau_k)r_t k_t + (1 - \tau_w)w_t l_t + t_t = (1 + \tau_c)c_t + i_t \quad (5)$$

Onde τ_k e τ_w são as alíquotas de imposto sobre os rendimentos do capital, trabalho e títulos públicos respectivamente, enquanto τ_c é a alíquota de imposto sobre o consumo privado. A renda líquida de impostos do agente representativo é alocada entre consumo e investimento em capital físico.

3.2. Produção

A produção do bem único da economia (Y_t) é realizada por uma firma representativa que aluga capital e demanda horas de trabalho das famílias, pelos quais paga uma taxa de aluguel r_t e uma taxa de salários w_t , respectivamente. A firma representativa combina os insumos produtivos em uma função de produção neoclássica:

$$Y_t = ZK_t^\sigma L_t^{1-\sigma}, \text{ onde } \sigma \in (0,1) \quad (6)$$

O parâmetro σ representa a participação do rendimento do capital físico na produção, enquanto Z representa a produtividade total dos fatores. A firma representativa escolhe capital e trabalho de forma a maximizar seus lucros, assim:

$$w_t = \frac{(1-\sigma)Y_t}{L_t} \quad (7)$$

$$r_t = \frac{\sigma Y_t}{K_t} \quad (8)$$

3.3. Setor Público

A receita tributária do governo é determinada pela arrecadação sobre o consumo, os rendimentos do capital e do trabalho, com alíquotas dadas respectivamente por τ_c , τ_k e τ_w . As despesas governamentais se distribuem entre a oferta de serviços públicos de consumo (G_t) e transferências para as famílias (T_t).

$$G_t + T_t = \tau_c C_t + \tau_k r_t K_t + \tau_w w_t L_t \quad (9)$$

O governo realiza transferências para as famílias em uma proporção fixa (α) do produto da economia, enquanto a oferta de serviços públicos de consumo das famílias é determinada de forma a equilibrar a restrição orçamentária do governo. A política de auxílio emergencial motivada pela pandemia é determinada como uma variável exógena incremental (ae_t) na proporção do produto transferidas para as famílias.

$$T_t = (\alpha + ae_t)Y_t \quad (10)$$

Finalmente, considera-se que o setor público é capaz de ajustar o uso da força de trabalho, a qualquer momento que desejar, ao estabelecer um limite superior de trabalho como forma de controlar a pandemia.

$$l_t^e = \min(l_t, l_t^{ds}) \quad (11)$$

Onde l_t^e é a força de trabalho realmente aplicada na economia e l_t^{ds} representa o limite superior implementado pelo governo. Destaca-se que, apesar do consumidor realizar sua escolha de trabalho, quando o governo implementa a política de distanciamento, o trabalho efetivo afeta a produção, renda, exposição ao vírus e as demais decisões do consumidor.

3.4. Definição do equilíbrio

O equilíbrio estacionário do modelo é obtido quando todas as variáveis apresentam valores constantes de longo prazo. Dada uma política fiscal $\{ae_t, \alpha, \tau_c, \tau_b, \tau_k, \tau_w\}_{t=0}^{\infty}$, uma dotação inicial de capital k_0 , uma trajetória de vacinação $\{v_t\}_{t=0}^{\infty}$, de proporção de exposição $\{\pi^0, \pi^c, \pi^l\}_{t=0}^{\infty}$ e de uma trajetória de política de distanciamento social $\{l_t^{ds}\}_{t=0}^{\infty}$ o equilíbrio competitivo será dado por uma sequência de decisão das famílias $\{c_t, i_t, l_t, e_t\}_{t=0}^{\infty}$; por uma sequência de estoque de capital $\{k_t\}_{t=0}^{\infty}$; por uma sequência de trabalho efetivo $\{l_t^e\}_{t=0}^{\infty}$; por uma sequência de preços de fatores $\{r_t, w_t\}_{t=0}^{\infty}$, que satisfaçam: i) a maximização de utilidade do agente representativo; ii) a maximização de lucros da firma; iii) a restrição orçamentária do governo; iv) a restrição de factibilidade da economia hipotética; e v) as condições de agregação das decisões individuais e agregadas.

3.5. Medida de bem-estar

Uma primeira medida de bem-estar (x) utilizada é inspirada por Lucas (1987) e Cooley e Hansen (1992). A medida considerada pelos autores reflete o aumento percentual no consumo privado na ausência de mudanças na economia hipotética necessário para tornar o agente representativo indiferente acerca da realização dos choques. Logo, x satisfaz:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t^{AC}(1+x) + \mu_c c g_t^{AC}) + \psi \ln(1 - l_t^{AC} - \theta e_t^{AC}) \} \\ & = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t^{PC} + \mu_c c g_t^{PC}) + \psi \ln(1 - l_t^{PC} - \theta e_t^{PC}) \} \end{aligned} \quad (12)$$

Onde as variáveis com sobrescrito AC representam a situação da economia na ausência de choques, enquanto as variáveis com sobrescrito PC indicam suas trajetórias nos

cenários na presença de choques. Destaca-se a utilização da medida em uma ampla quantidade de estudos¹.

Devido ao caráter compulsório das medidas de distanciamento social e os impactos da pandemia sobre a decisão dos agentes, especialmente nas restrições de lazer, considera-se também uma medida de bem-estar na qual os efeitos de reduções nas horas trabalhadas para valores inferiores ao nível estacionário inicial sobre a utilidade do agente representativo são ignorados (x^e). Destaca-se que possíveis aumentos na oferta de trabalho continuam a afetar o cálculo bem-estar. A medida é então determinada de forma a satisfazer:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t^{AC}(1 + x^e) + \mu_c c g_t^{AC}) + \psi \ln(1 - l_t^{AC} - \theta e_t^{AC}) \} \\ & = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t^{PC} + \mu_c c g_t^{PC}) + \psi \ln(1 - l_t^{ePC} - \theta e_t^{PC} - d_t) \} \end{aligned} \quad (13)$$

Onde $d_t = \max(l_t^{AC} - l_t^{PC}, 0)$. Independente da escolha do consumidor, l_t , a utilidade é afetada pelo trabalho efetivo, l_t^e . Finalmente o consumidor não considera o desconto de ajuste na utilidade associado à redução de horas trabalhadas na tomada de suas decisões.

¹ Em uma lista não exaustiva, temos Saraiva *et. al* (2023), Gomes *et. al* (2020), Pereira e Ferreira (2008; 2011) e Gomes, Pereira e Bezerra (2019).

4. CALIBRAÇÃO

A economia hipotética é calibrada refletindo períodos trimestrais e de forma que seu estado estacionário inicial represente os dados observados na economia brasileira no fim do trimestre imediatamente anterior ao início da pandemia (4º trimestre de 2019).

4.1. Parâmetros estruturais

A fração da renda do capital no produto é calibrada a partir da soma do excedente operacional bruto com um terço do rendimento misto bruto como proporção do PIB a custo de fatores. De acordo com dados do IBGE, encontra-se $\sigma = 0,4207$. A taxa de depreciação anual é encontrada pela razão entre o investimento e o estoque de capital. De acordo com dados do IPEA (2023) e IBGE (2023), a razão capital produto em 2019 no Brasil era de 2,3910 e a participação do investimento² no PIB é de 0,1487, resultando em uma taxa de depreciação anual de 0,0622, com ajuste para o período trimestral encontra-se $\delta = 0,0152$. A produtividade total dos fatores é calibrada de forma que o produto no estado estacionário inicial seja igual à unidade, $Z = 0,7238$.

4.2. Parâmetros fiscais

Para o cálculo das alíquotas τ_c , τ_w e τ_k são utilizados dados das contas nacionais do IBGE e da carga tributária provenientes da Secretaria Receita Federal do Brasil (SRFB) (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020). Inicialmente a receita tributária é dividida aos tipos impostos do modelo Saraiva *et. al* (2023). A alíquota de imposto sobre o consumo é obtida pela razão entre a receita dos tributos sobre consumo e o consumo privado, resultando em $\tau_c = 0,1413$. A parcela dos rendimentos do trabalho no produto é de $(1 - \sigma) = 0,5793$, enquanto a arrecadação de impostos nesta categoria corresponde à 9,01% do PIB. Admitindo que $\tau_w = (Rend. Trib. sobre Trab./PIB)/(1 - \sigma)$, encontra-se 0,1555. Procedimento semelhante é utilizado para os impostos sobre os rendimentos do capital, a receita tributária obtida nesta categoria correspondeu à 14,38% do PIB resultando em $\tau_k = 0,3417$. A calibração da participação das transferências governamentais no produto é calibrada de forma que a oferta de serviços públicos seja equivalente à participação do consumo do governo no PIB (19,98%), desta forma $\alpha = 0,1261$.

² Como a economia é fechada e com governo, o investimento é dado pela Formação Bruta de Capital com as exportações líquidas.

4.3. Parâmetros comportamentais e de exposição ao vírus

Seguindo diversos trabalhos³, admite-se que uma unidade serviço público de consumo seja equivalente a 0,5 unidades de consumo privado em termos de utilidade para o agente representativo ($\mu = 0,5$). Já o peso relativo do lazer na utilidade é calibrado de forma que a oferta de trabalho no estado estacionário seja equivalente a um terço do tempo disponível $\psi = 1,1408$. O fator de desconto intertemporal é calibrado a partir da relação entre a equação de Euler, evolução do estoque de capital e a demanda por capital por parte da firma representativa em estado estacionário:

$$\sigma \frac{y_{ss}}{i_{ss}/\delta} = \frac{1 - \beta + \beta\delta}{\beta(1 - \tau_k)} \quad (15)$$

Utilizando os valores já estimados, obtém-se $\beta = 0,9871$. Note que o resultado admite a hipótese de que a participação do investimento no produto é a mesma no ano e no último trimestre de 2019. Os parâmetros ligados à exposição ao COVID-19 e seu efeito sobre o tempo disponível são obtidos em Jones, Philippon e Venkateswaran (2021). Para a função de exposição encontra-se $\pi^c = \pi^l = 0,25$ e $\pi^0 = 0,5$. A adaptação da dinâmica de infecção reflete na calibração do parâmetro que governa a redução no tempo disponível do agente representativo, sendo obtido a partir da multiplicação dos parâmetros de infecção por unidade de exposição (0,35) e de proporção de doentes dentre os infectados (0,15), resultando $\theta = 0,0525$. A tabela a seguir apresenta um resumo da calibração:

Tabela 1 – Resumo da Calibração

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
σ	0,4207	μ	0,5
δ	0,0152	ψ	1,1408
Z	0,7238	β	0,9871
τ_c	0,1413	π^0	0,5
τ_w	0,1555	π^c	0,25
τ_k	0,3417	π^l	0,25
α	0,1261	θ	0,0525

Fonte: Elaboração própria, baseada em informações do IBGE (2023), IPEA (2023), Ministério da Economia (2020), Ferreira e Nascimento (2006) e Jones, Philippon e Venkateswaran (2021).

³ Bezerra *et al.* (2014), Santana *et al.* (2012) e Ferreira e Nascimento (2006).

5. SIMULAÇÕES

Todas as simulações analisadas consideram que a pandemia do coronavírus chegou no Brasil durante o primeiro trimestre de 2020, os diferentes cenários analisados estão relacionados a implementação de distanciamento social, aumento nas transferências realizadas pelo governo a partir do auxílio emergencial e trimestre de início da vacinação.

O distanciamento social é interpretado no modelo como uma limitação na quantidade de horas máximas de trabalho ofertadas e uma redução na exposição ao vírus associada ao trabalho devido à modalidade de trabalho remoto. O limite imposto para a oferta de trabalho durante o distanciamento social é calibrado a partir das informações da média, entre maio e setembro de 2020, da fração de trabalhadores que não foram afastados de suas devido às medidas de distanciamento social, conforme exposto na PNAD – Covid do IBGE o limite superior corresponde a 90,02%⁴ das horas trabalhadas iniciais.

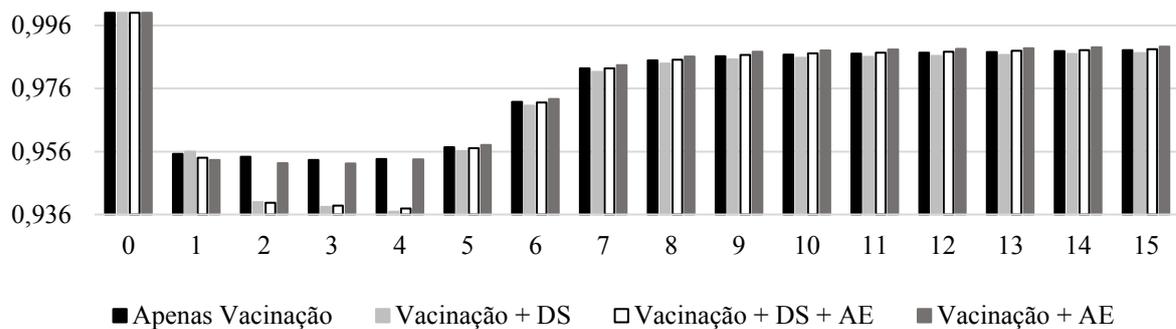
A redução na exposição relacionada ao trabalho é determinada pela parcela de trabalhadores que exerceram suas atividades de forma remota – ao considerar a hipótese de que não há exposição ao trabalhar de casa. Ainda conforme a PNAD – Covid, o trabalho remoto foi em média 10,19% da força de trabalho no mesmo período, de forma que o componente de exposição relacionado ao trabalho foi reduzido nesta proporção. Considera-se que as medidas de distanciamento social se iniciem no segundo trimestre de 2020 e durem até o fim do mesmo ano.

O auxílio emergencial é tido como um incremento nas transferências para as famílias de acordo com a variável ae_t , compensadas com reduções na oferta de serviços públicos de consumo. Os valores de ae_t são, em cada ano, determinados pela participação da despesa com auxílio emergencial como proporção de cada ano, calibrados a partir do painel Monitoramento dos Gastos da União com Combate à COVID-19 elaborado pelo Tesouro Nacional, os gastos com auxílio emergencial em 2020 corresponderam a 3,85% do PIB daquele ano, já em 2021 o auxílio foi equivalente a 0,67% do PIB. Admitindo-se que o programa foi iniciado no segundo trimestre de 2020, os três valores associados de ae_t para o ano foram 0,0385, assumindo valor de 0,0067 nos quatro períodos seguintes, tornando-se zero após este período.

⁴ Calculado como o complementar da fração média dos trabalhadores foram afastados de suas funções devido às medidas de distanciamento social entre maio e setembro de 2020, 9,98%.

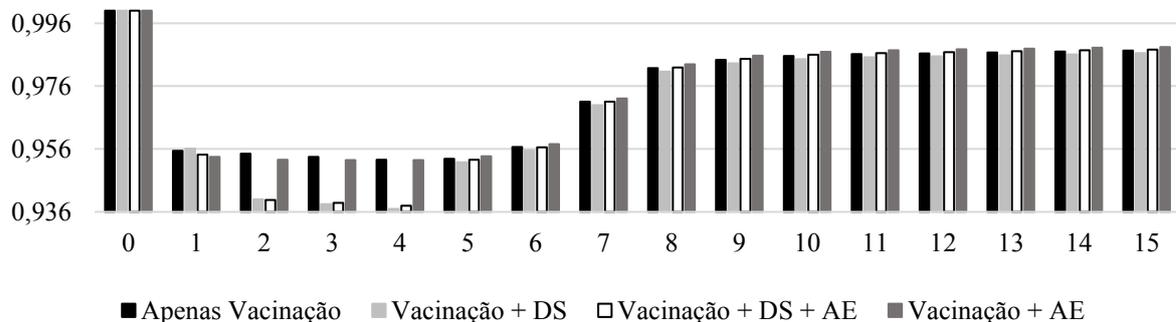
Considera-se como vacinada a parcela da população que recebeu a segunda dose ou dose única da vacina contra o coronavírus. Informações sobre a vacinação foram coletadas a partir do Ministério da Saúde, sendo consideradas informações do estoque de vacinados até o quarto trimestre de 2022, a partir de então adotou a taxa de crescimento do último período até que a totalidade da população estivesse vacinada. O horizonte de vacinação dura 35 trimestres (8 com dados oficiais e 27 com estimativas). Três opções de início de vacinação são aventadas. O primeiro cenário corresponde ao início efetivo da vacinação no Brasil (1º trim. 2021), enquanto os demais têm início um período antes e depois do observado. Em cada cenário de vacinação, investiga-se o efeito da pandemia, a pandemia acompanhada do distanciamento, do auxílio emergencial e de ambos. Os gráficos a seguir apresentam a trajetória do produto obtidas:

Gráfico 1 Produto nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 4º trimestre de 2020



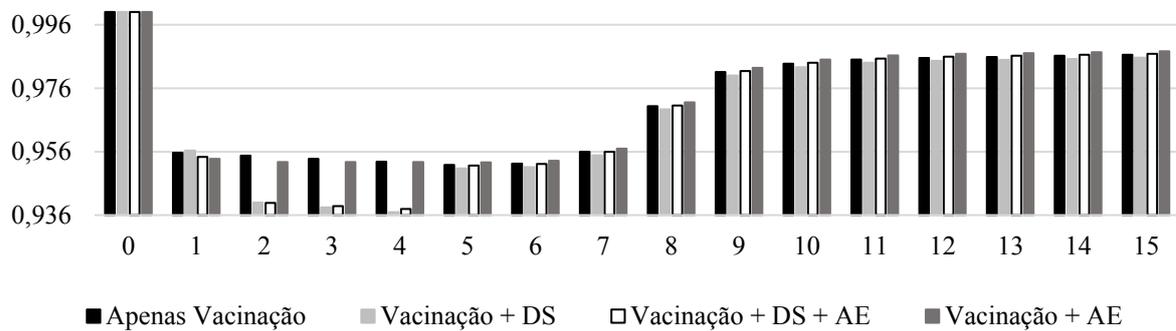
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Gráfico 2 Produto nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 1º trimestre de 2021



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Gráfico 3 Produto nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 2º trimestre de 2021

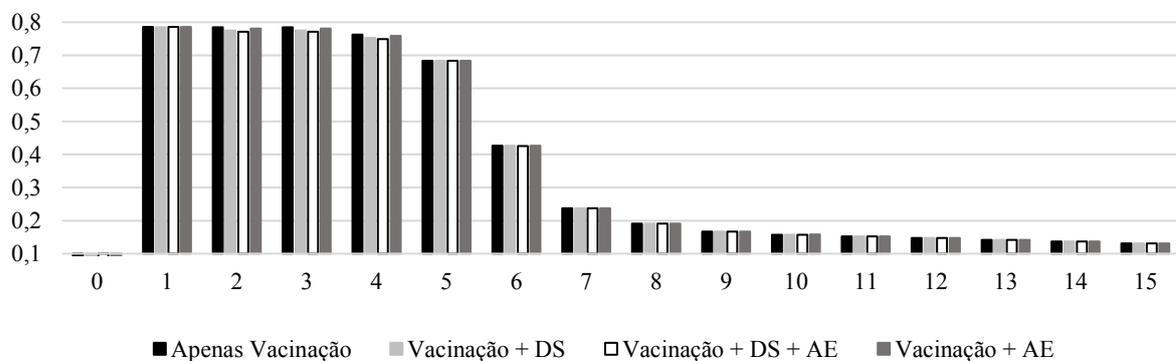


Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

A recuperação da economia está diretamente associada com o início de vacinação, quanto mais cedo iniciado o processo de vacinação mais rápido é o início da recuperação da economia. Intuitivamente, o auxílio emergencial apresenta menor impacto negativo sobre a economia, quando comparado com a política de distanciamento social acompanhada ou não do auxílio emergencial.

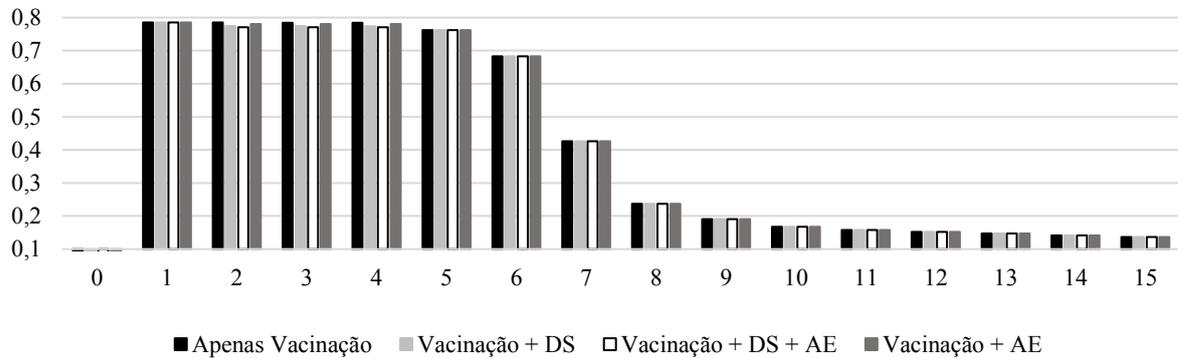
De fato, a aplicação do distanciamento social tende a potencializar os efeitos negativos sobre a produção durante sua vigência (períodos de 2 a 4). O impacto negativo pronunciado sobre a produção associado às estas políticas é devido ao limite superior para a oferta de trabalho estabelecido pelo governo ser inferior ao resultado que seria obtido na escolha livre do agente representativo. Os gráficos a seguir apresentam a trajetória de exposição do agente representativo nas diferentes políticas propostas em cada cenário de vacinação.

Gráfico 4 Exposição ao vírus nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 4º trimestre de 2020



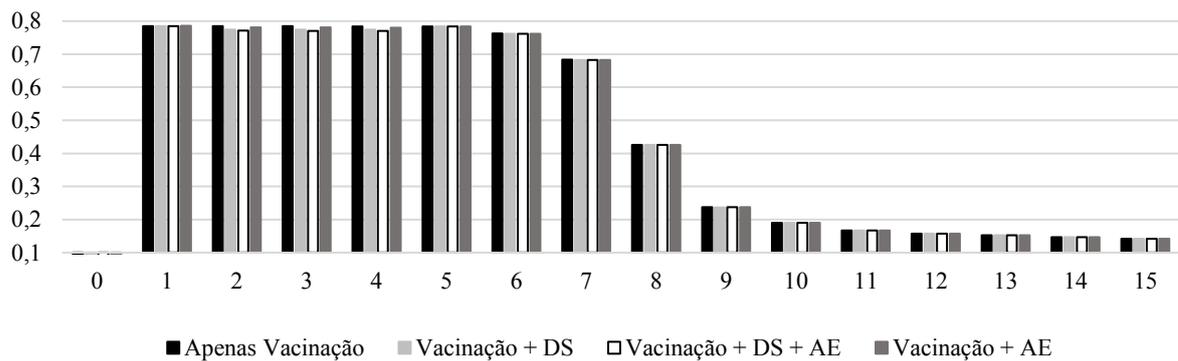
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Gráfico 5 Exposição ao vírus nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 1º trimestre de 2021



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Gráfico 6 Exposição ao vírus nas diferentes políticas com vacinação iniciada no 2º trimestre de 2021



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Novamente os efeitos mais pronunciados estão associados ao período de início da política de vacinação. Intuitivamente, quanto mais cedo for iniciada a vacinação, mais rápida é a queda na exposição do agente representativo. Apesar dos efeitos pronunciados sobre o produto discutidos anteriormente, a política de distanciamento social apresenta níveis de exposição levemente inferiores durante sua vigência. Durante esse período, reduções níveis de exposição menores foram encontrados quando o distanciamento social é acompanhado do auxílio emergencial, o que destaca o papel essencial desta última.

Os resultados de bem-estar nas duas conjecturas (considerando os efeitos do aumento do lazer em seu cálculo ou não) estão apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 2 – Resultados de bem-estar considerando incrementos no lazer (x)

Políticas	Vacinação		
	4º trim. 2020	1º trim. 2021	2º trim. 2021
Vacinação	-1,08173	-1,19857	-1,31355
Vacinação e dist. social	-1,10928	-1,22561	-1,34096
Vacinação, dist. social e aux. emerg.	-0,97325	-1,0898	-1,20538
Vacinação e aux. emerg.	-0,94708	-1,06414	-1,17932

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Tabela 3 – Resultados de bem-estar desconsiderando incrementos no lazer (x^e)

Políticas	Vacinação		
	4º trim. 2020	1º trim. 2021	2º trim. 2021
Vacinação	-1,57779	-1,74728	-1,91384
Vacinação e dist. social	-1,65673	-1,82474	-1,99213
Vacinação, dist. social e aux. emerg.	-1,53719	-1,70556	-1,87337
Vacinação e aux. emerg.	-1,46485	-1,63465	-1,80151

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações.

Como esperado, a desconsideração dos efeitos da redução das horas trabalhadas na utilidade, potencializa os efeitos negativos associados à pandemia do coronavírus. No entanto, os resultados das duas medidas de bem-estar apresentam o mesmo ordenamento e direção de impactos entre as diferentes políticas e cenários de vacinação, podendo a análise das duas medidas servem como indicador de robustez.

Todos os cenários e reformas apresentam reduções no nível de bem-estar do agente representativo. Assim como ocorre os resultados do produto, o distanciamento social agrava os efeitos da pandemia apresentando impactos negativos mais pronunciados em termos de bem-estar, considerando as duas medidas analisadas. Pressupõe-se que tal resultado esteja associado com a redução compulsória na oferta de trabalho ser mais intensa que a redução que o agente representativo opta por realizar livremente.

Adicionalmente, observa-se que reduções de bem-estar mais brandas estão associadas com a implementação do programa de auxílio emergencial, destacando ainda mais o papel desta política no contexto da pandemia. O auxílio emergencial ainda atenua os efeitos mais pronunciados sobre o bem-estar obtidos com a política de distanciamento social quando combinado com esta. Finalmente, os resultados indicam que reduções mais brandas de bem-estar estão associadas com a antecipação da política de vacinação, sendo esta política o principal mecanismo do poder público para conter o avanço da pandemia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pandemia do coronavírus iniciada ao fim de 2019 e começo de 2020 desencadeou a crise sanitária mais significativa das últimas décadas. Sua rápida disseminação deixou a governos e a população em geral sem compreender a gravidade da situação, tomando a oferta de saúde despreparada na maioria dos casos. Ações públicas de restrição à circulação e conscientização, acompanhadas de auxílios financeiros às empresas e famílias foram implementados em diversos países enquanto a população mundial aguardava o desenvolvimento de uma vacina ou cura.

Neste contexto, presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos da pandemia do coronavírus e diferentes estratégias de contenção da contaminação e vacinação sobre o crescimento econômico e bem-estar dos agentes. Em diferentes cenários de início da vacinação, foram analisadas a ausência de ação do setor público, a implementação de medidas de distanciamento social que reduz a quantidade máxima de horas trabalhadas e reduz a exposição ao vírus ao possibilitar o trabalho remoto, incremento nas transferências do governo para as famílias via auxílio emergencial e uma combinação das duas políticas. Com este fim, foi construído um modelo dinâmico de equilíbrio geral onde a exposição ao vírus é endógena e implica na redução do tempo disponível do agente representativo ao desperdiçar uma parcela de sua dotação de cada período por estar doente. O modelo foi calibrado de forma a mimetizar informações da economia brasileira no período imediatamente anterior ao início da pandemia no país.

Os resultados encontrados sugerem que as medidas de distanciamento social intensificam o impacto negativo da pandemia sobre o produto e bem-estar ao limitar a oferta de trabalho em um patamar inferior ao que seria ofertado pelas famílias durante sua vigência, porém estas reduzem a exposição ao vírus de forma mais significativa que as medidas alternativas. O auxílio emergencial atenua os efeitos da pandemia sobre o bem-estar quando implementado como política única, porém apresenta maior exposição quando comparada com a restrição de circulação. Já a combinação das duas políticas faz com que os impactos negativos do distanciamento social sejam levemente atenuados pelos efeitos de menor intensidade do auxílio emergencial, gerando impactos intermediários sobre o bem-estar. Finalmente, a antecipação do início da política de vacinação ameniza os efeitos da pandemia e das demais políticas de forma significativa. Os resultados são robustos ao considerar que o tempo de lazer ganho com a redução na oferta de trabalho não impactem no cálculo do bem-estar.

REFERÊNCIAS

- ASOYAN, A.; DAVTYAN, V.; IGITYAN, H.; KARTASHYAN, H.; MANUKYAN, H. Modelling the effects of a health shock on the Armenian economy. **Russian Journal of Money and finance**, v. 79, n. 4, p. 18-44, 2020.
- BARRO, R. J. Output effects of government purchases. **Journal of political Economy**. v. 89, p. 1086-1121, 1981
- BEZERRA, A. R.; PEREIRA, R. A. C.; CAMPOS, F. A. O.; CALLADO, M. C. Efeitos de crescimento e bem-estar da recomposição dos investimentos públicos no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro**, v. 44, p. 579-607, 2014.
- BORELLI, L.; GÓES, G. S. The macroeconomics of epidemics: Interstate heterogeneity in Brazil. **EconomiA**, v. 22, n. 3, p. 164-197, 2021.
- CARDOSO, D. F.; DOMINGUES, E.; MAGALHÃES, A.; SIMONATO, T.; MIYAJIMA, D. **Pandemia de COVID-19 e famílias: impactos da crise e da renda básica emergencial**. Políticas Sociais: acompanhamento e análise. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2021
- COOLEY, T. F.; HANSEN, G. Tax distortions in a neoclassical monetary economy. **Journal of Economic Theory**. v. 58, p. 290-316. 1992.
- DAVTYAN, V.; IGITYAN, H.; MANUKYAN, H. **Macroeconomic policy during COVID-19**. Central Bank of Armenia Working paper 21/4/08. 2021.
- EICHENBAUM, M. S.; REBELO, S.; TRABANDT, M. The macroeconomics of epidemics. **The Review of Financial Studies**, v. 34, n. 11, p. 5149-5187, 2021.
- FERREIRA, P. C.; NASCIMENTO, L. G. **Welfare and growth effects of alternative fiscal rules for infrastructure investment in Brazil**. Ensaios Econômicos, EPGE 604, Fundação Getulio Vargas, 2006.
- GLOVER, A.; HEATHCOTE, J.; KRUEGUER, D.; RÍOS-RULL, J. V. Health versus wealth: On the distributional effects of controlling a pandemic. **Journal of Monetary Economics**, v. 140, p. 34-59, 2023.
- GOMES, J. W. F.; PEREIRA, R. A. C.; BEZERRA, A. R. Efeitos distributivos do aumento nos investimentos públicos em infraestrutura no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 49, n. 2, 2019.
- GOMES, J. W. F.; PEREIRA, R. A. C.; BEZERRA, A. R.; LÚCIO, F. G. C.; SARAIVA, F. A. M. Efeitos fiscais e macroeconômicos da emenda constitucional do teto dos gastos (nº 95/2016). **Nova Economia**, v. 30, p. 893-920, 2020.
- GROSSMAN, M. On the concept of health capital and the demand for health. **Journal of Political Economy**. v. 80, n. 2, pp. 223-255, 1972.
- IBGE -INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contas Nacionais. Sistema de Contas Nacionais 2010-2021. 2023.
- IBGE -INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD COVID19. 2020.

IPEA -INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Ipeadata. Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

JONES, C.; PHILIPPON, T.; VENKATESWARAN, V. Optimal mitigation policies in a pandemic: Social distancing and working from home. **The Review of Financial Studies**, v. 34, n. 11, p. 5188-5223, 2021.

KERMACK, W.; MCKENDRIK, A. **A contribution to the mathematical theory of epidemics**. Proceedings of the Royal Society of London, series A 115:700–721. 1927

LUCAS, R. E. **Models of business cycles**. Oxford: Basil Blackwell, 1987

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Carga tributária no Brasil 2019 análise por tributo e bases de incidência. 2020.

PEREIRA, R. A. C.; FERREIRA, P. C. Efeitos de crescimento e bem-estar da Lei de Parceria Público-Privada no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 62, n. 2, p. 207-219, 2008.

PEREIRA, R. A. C.; FERREIRA, P. C. Impactos macroeconômicos da cobrança pelo uso da infraestrutura pública no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 41, n. 2, p. 183-212, 2011.

PORSSE, A. A.; de SOUZA, K. B.; CARVALHO, T. S.; VALE, V. A. The economic impacts of COVID-19 in Brazil based on an interregional CGE approach. **Regional Science Policy & Practice**, v. 12, n. 6, p. 1105-1121, 2020.

SANTANA, P. J.; CAVALCANTI, T. V. V.; PAES, N. L. Impactos de longo prazo de reformas fiscais sobre a economia brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, v. 66, p. 247-269, 2012

SARAIVA, F. A. M.; BEZERRA, A. R.; PEREIRA, R. A. C.; MACEDO, D. N. S.; GOMES, J. W. F. Impactos da Emenda Constitucional nº 95/2016 sobre a saúde, crescimento econômico e bem-estar. **Textos de Economia**, v. 26, n. 1, p. 01-26, 2023.

TORÓJ, A. **Why Don't Blanchard-Kahn ever " Catch" Flu? And How it Matters for Measuring Indirect Cost of Epidemics in DSGE Framework**. Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics, v. 5, n. 3, p. 185-206, 2013.