

Análise da eficiência técnica das capitais brasileiras no combate a COVID-19

Analysis of the technical efficiency of brazilian capitals in combating COVID-19

DOI: 10.55905/oelv21n7-038

Recebimento dos originais: 05/06/2023

Aceitação para publicação: 05/07/2023

Francisco José Silva Tabosa

Doutor em Economia

Instituição: Universidade Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (UFC - PPGER)

Endereço: Av. da Universidade, 2853, Benfica, Fortaleza - CE, CEP: 60020-181

E-mail: franzetabosa@ufc.br

Pablo Urano de Carvalho Castelar

Doutor em Economia

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Endereço: Av. da Universidade, 2853, Benfica, Fortaleza - CE, CEP: 60020-181

E-mail: pcastelar@ufc.br

Domingos Isaias Maia Amorim

Doutorando em Economia

Instituição: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ- USP)

Endereço: Av. Pádua Dias, 11, Agronomia, Piracicaba - SP, CEP: 13418-900

E-mail: domingos_isaias@usp.br

Maria Josiell Nascimento da Silva

Doutoranda em Economia

Instituição: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ- USP)

Endereço: Av. Pádua Dias, 11, Agronomia, Piracicaba - SP, CEP: 13418-900

E-mail: nascimentojosiell@hotmail.com

Eucinete de Menezes Albuquerque

Doutoranda em Economia

Instituição: Universidade Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (UFC - PPGER)

Endereço: Av. da Universidade, 2853, Benfica, Fortaleza - CE, CEP: 60020-181

E-mail: eucinetemenezes@alu.ufc.br

Laura Cunha Rebouças Lessa

Doutoranda em Economia Rural

Instituição: Universidade Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (UFC - PPGER)

Endereço: Av. da Universidade, 2853, Benfica, Fortaleza - CE, CEP: 60020-181

E-mail: laura_crlessa@alu.ufc.br

Francisca Ingrid Gouveia Ferreira

Mestranda em Economia Rural

Instituição: Universidade Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (UFC - PPGER)

Endereço: Av. da Universidade, 2853, Benfica, Fortaleza - CE, CEP: 60020-181

E-mail: ingridgouve@gmail.com

RESUMO

O objetivo desse estudo foi analisar a eficiência técnica no combate ao número de casos e óbitos causados pelo Covid-19 nas capitais brasileiras. Para isso, utilizou-se um modelo de fronteira estocástica, com base de dados de variável extraídas do Ministério da Saúde. Os resultados mostraram que variáveis como idade aumentam as chances de contrair e também de falecer por Covid 19. Isso se dá pela maior vulnerabilidade dos indivíduos de maior idade. Outro ponto relevante é que, em crianças, os casos de Covid 19 são mais assintomáticos do que em adultos. Já variáveis como valor (gastos mensais por parte das prefeituras) e proporção da população branca mostraram resultados positivos no combate ao Covid 19. Outro resultado importante foi a vacina também se apresentou relevante no combate ao Covid 19. A partir do momento que se iniciou a vacinação da população, os números de casos e de óbitos passaram a diminuir.

Palavras-chave: eficiência técnica, Brasil, COVID 19.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the technical efficiency in combating the number of cases and deaths caused by Covid-19 in Brazilian capitals. For this, a stochastic frontier model was used, based on variable data extracted from the Ministry of Health. The results showed that variables such as age increase the chances of contracting and also dying from Covid 19. This is due to the greater vulnerability of older individuals. Another relevant point is that, in children, cases of Covid 19 are more asymptomatic than in adults. Variables such as value (monthly expenses by city halls) and proportion of the white population showed positive results in the fight against Covid 19. Another important result was the vaccine, which was also relevant in the fight against Covid 19. vaccination of the population, the number of cases and deaths began to decrease.

Keywords: technical efficiency, Brazil, COVID-19.

1 INTRODUÇÃO

No primeiro semestre de 2020 o mundo foi tomado por uma pandemia de Covid-19 (Coronavirus Disease 2019), causada pelo novo coronavírus. Apesar de os primeiros casos terem sido identificados na cidade de Wuhan, na China, em dezembro de 2019, rapidamente o vírus se espalhou, e em apenas 4 meses já havia mais de 200 países com relatos da doença (QIU, CHEN e SHI, 2020).

Dada a rápida disseminação da COVID-19, países de todo o mundo adotaram diversas medidas destinadas a reduzir ou impedir sua propagação. O distanciamento social foi a principal medida adotada para tentar reduzir as contaminações, e com isso retardar o pico epidêmico, reduzir o tamanho do pico epidêmico e espalhar os casos por mais tempo para aliviar a pressão sobre o sistema de saúde (FONG et al., 2020).

As políticas de distanciamento social adotadas ao redor do globo foram variadas, com níveis maiores ou menores da restrição da circulação e contato entre as pessoas. A Suécia, por exemplo, impôs medidas de restrição relativamente leves, com proibição de grandes eventos e redução no público de bares e restaurantes e as empresas eram livres para funcionar (BRODEUR et al., 2021). Enquanto isso, países como a China, Nova Zelândia, Austrália, por exemplo, adotaram uma política de “zero-covid”, que inclui o fechamento total de cidades, testagem em massa e restrições de viagens.

No Brasil, as políticas de distanciamento foram adotadas logo após a Organização Mundial da Saúde (OMS) anunciar que a Covid-19 era uma pandemia, o que ocorreu na primeira quinzena de março de 2020 (MORAES, 2021). Entretanto, o Presidente da República assumiu uma postura que negava a gravidade da pandemia e desaprovava as medidas adotadas pelo então Ministro da Saúde, alegando que as consequências econômicas do isolamento social trariam prejuízos maiores a população. Adicionalmente, Jair Bolsonaro passou a espalhar notícias falsas relacionadas à pandemia e a promover métodos de tratamento sem comprovação científica (CIMINI et al., 2020).

Com a ausência de uma política nacional que levasse em conta protocolos técnico-científicos e as recomendações da OMS, estados e municípios passaram a implementar medidas de isolamento social de forma independente (ABRUCIO et al., 2020). Essa descentralização das estratégias de contenção da Covid-19 no Brasil gerou várias políticas

diferentes de distanciamento social, com graus de rigor variando entre cidades e estados, e dificultou o estabelecimento de regras padronizadas de imposição ou relaxamentos das medidas de distanciamento social (MORAES, 2020).

Além da descoordenação de políticas de distanciamento social, o Brasil é um país com uma grande desigualdade social, com uma parcela da população vivendo com insuficiência de recursos financeiros, em locais onde não há saneamentos adequado, sem oferta de água encanada e esgoto, e morando em residências com alta densidade habitacional. De acordo com Bega e Souza (2021), condições como essa dificultam a implementação de medidas básicas de controle da Covid-19, como o uso de água e sabão para higienizar as mãos e alimentos e a disponibilidade de máscaras em quantidade adequada.

Em meio a um cenário de crise sanitária mundial, com desdobramentos em todos os segmentos da sociedade, diversas pesquisas foram iniciadas no início de 2020 objetivando a confecção de uma vacina contra a Covid-19. O esforço mundial em prol de uma solução eficaz para essa crise culminou em um rápido desenvolvimento de imunizantes em diferentes países, e em outubro de 2020 já havia quatro vacinas na fase 3 dos testes (última fase antes da aprovação) (SILVA e NOGUEIRA, 2020).

No dia 2 de dezembro de 2020, quando o mundo registrava quase 1,4 milhão de mortes pela Covid-19, o Reino Unido aprovou a primeira vacina, desenvolvida pela Pfizer e BioNTech. Pouco tempo depois a aprovação também ocorreu nos Estados Unidos, Canadá, União Europeia e até o final de 2020 pelo menos 50 países começaram a imunizar suas populações (MÕES e HOMERO, 2020).

Assim como se segue até os dias atuais, as decisões relacionadas ao enfrentamento da pandemia de Covid-19 ganham um caráter político no Brasil. Enquanto parte do mundo comemorava o avanço da imunização de suas populações ainda no fim de 2020, o Brasil se encontrava em um cenário de embate pela aprovação dos primeiros imunizantes e início da vacinação.

Apesar da politização dos debates relacionados a vacinação, no dia 17/01/2021 Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou a CoronaVac e a vacina da AstraZeneca para uso emergencial no Brasil, e no mesmo dia foi iniciada a imunização

no país (INSTITUTO BUTANTAN, 2021). Nesse momento, as expectativas de um fim para a crise sanitária e o começo da recuperação econômica são avivadas. A imunização da população tende a reduzir o número de infecções e, conseqüentemente, o número de hospitalização causada pela Covid-19 e, com isso, as medidas de isolamento social podem ser afrouxadas, permitindo a retomada de diversas atividades econômicas (PINHEIRO e MATOS, 2021).

Assim, o presente estudo busca analisar a eficiência da vacinação no combate ao número de casos e óbitos causados pelo Covid-19 nas capitais brasileiras, utilizando um modelo de fronteira estocástica.

Além desta seção introdutória, este trabalho apresenta mais cinco seções. A segunda discorrerá uma revisão de literatura. A terceira apresentará a metodologia de fronteira estocástica utilizada. A quarta discutirá os resultados. Por fim, a quinta irá expor as considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A análise de eficiência técnica tem como propósito medir a relação entre o resultado potencial e o resultado que de fato é alcançado pela Unidade Tomadora de Decisão (DMU). Por meio de uma amostra de firmas, é construída uma fronteira de produção eficiente, e então se faz a comparação entre a eficiência da DMU com o potencial que poderia ser alçado. Os métodos de estimação da fronteira de produção mais presentes na literatura são a Análise Envoltória de Dados (DEA) e a Análise de Fronteira Estocástica (SFA).

A partir da estimação da fronteira é possível identificar quais unidades são ineficientes tecnicamente e a magnitude da ineficiência, permitindo também a comparação desses indicadores entre as unidades analisadas.

Os mais diferentes setores utilizam essa ferramenta para avaliar o desempenho das suas unidades, entre eles o setor da saúde. De acordo com Nassar et al. (2020), A ineficiência técnica nos sistemas de saúde ocorre devido ao uso indevido de insumos de tal forma que leva à produção de produtos abaixo do nível ideal de produção.

Nessa linha, diversos trabalhos foram realizados objetivando avaliar o desempenho dos sistemas de saúde em níveis e divisões geográficas distintos. Apesar da dificuldade em compatibilizar informações e dados, Varabyova e Schreyögg (2013) comparou a eficiência técnica dos sistemas hospitalares dos países da OCDE, a partir de um painel de 2000 a 2009, aplicando a DEA e a SFA, usando como saída as altas hospitalares e a taxa de mortalidade. O trabalho indicou que os países com bons resultados na saúde, como Japão, podem ser tecnicamente ineficientes no uso dos seus recursos, e que os países mais eficientes tendem a ter um gasto com saúde per capita maior. Em contrapartida, os setores hospitalares em países com maior desigualdade de renda e maior tempo médio de permanência são menos eficientes.

Wranik (2012) buscou avaliar quais características relevantes, do ponto de vista dos arranjos institucionais, para a política de um sistema de saúde contribuem para a eficiência desses sistemas. A autora utiliza um conjunto de dados de 21 países da OCDE nos anos de 1970 a 2008, e mede a eficiência por meio da SFA, tendo como variável de saída a expectativa de vida da população, e as características do sistema de saúde são incluídas como determinantes da eficiência. Os resultados indicam que os gastos com saúde são usados com mais eficiência na produção de saúde em sistemas que oferecem cobertura de seguro a uma porcentagem maior da população e, ao mesmo tempo, exigem que a população carregue parte do ônus dos custos. Além disso, os sistemas que oferecem pagamentos de taxa por serviço a médicos tanto no nível de atenção primária quanto secundária são mais eficientes do que aqueles que oferecem pagamentos alternativos.

Em uma análise intracontinental, Asandului, Roman e Fatulescu (2014) utilizam a DEA, com dados de 2010, para avaliar a eficiência dos sistemas públicos de saúde em 30 países da Europa. Seu trabalho revelou, usando a expectativa de vida e a taxa de mortalidade infantil como saídas, que a maioria dos países da amostra são ineficientes tecnicamente. Utilizando as mesmas variáveis de saída e o mesmo método, Top, Konca e Sapaz (2020) mediram a eficiência do sistema de saúde de 36 países africanos, chegando à conclusão de que mais da metade da amostra foi considerada eficiente tecnicamente.

Usando a SFA, Nassar et al. (2020) busca avaliar a eficiência técnica dos sistemas de saúde em 21 países selecionados de renda média durante o período 2000–2017, usando

como variável de saída a expectativa de vida ao nascer. Os autores identificaram o Vietnã, México e China são considerados os países mais eficientes com pontuação de (1), (0,995) e (0,993), respectivamente, enquanto os menos eficientes países são África do Sul (0,718), Rússia (0,872) e Índia (0,906). Isso ilustra que os 21 países de renda média estão operando razoavelmente com um nível de eficiência relativamente alto em média, embora ainda existam ganhos potenciais que podem ser obtidos por esses países.

Levando em conta que as análises de eficiência são comumente utilizadas para avaliar o desempenho dos sistemas de saúde, esse pode ser um importante instrumento para analisar como os sistemas de saúde se comportaram diante da pandemia de Covid-19. Nesse sentido, tem-se na literatura um número ainda pequeno de trabalhos que se dedicaram a essa tarefa, essencialmente utilizando a DEA.

Fazendo uma análise dos primeiros 100 dias de pandemia (a partir do dia do primeiro registro de Covid-19 fora da China), Breitenbach, Ngobeni e Aye (2020) analisaram a eficiência dos 31 países mais infectados durante o período estudado., usando como saída a velocidade com que os países conseguiam conter a taxa de propagação do vírus. Seus resultados indicaram que dos 31 países que integravam a amostra, 12 se mostraram eficientes na busca de achatar a curva de infecção. Os 19 países restantes usaram seus recursos disponíveis de forma ineficiente. Dentre os piores desempenhos foram alguns dos países mais ricos do mundo, Alemanha, Canadá, EUA e Áustria, que obtiveram pontuações de eficiência entre 50% e 60%. Estes países foram mais ineficientes ao aplicar seus recursos disponíveis para achatar a curva do que países como Itália, França e Bélgica, que foram alguns dos mais atingidos pela propagação do vírus no período.

Martínez-Córdoba, Benito e García-Sánchez (2021), calcularam os níveis de eficiência com saídas indesejáveis (casos confirmados e taxa de mortalidade) na gestão dos recursos de saúde de 155 países nos 11 primeiros meses de pandemia, identificando algumas características que podem condicionar uma gestão eficiente. Os autores constataram que os países que utilizam mais recursos no sistema de saúde obtêm piores resultados na gestão da total pandemia. Em particular, os países europeus e americanos são menos eficientes do que os países asiáticos e africanos. No que diz respeito à Política, a liderança feminina do governo parece incorporar na gestão aspectos que melhoram a



eficiência. A Governança representa um elemento fundamental na resolução da crise sanitária, uma maior liberdade de expressão, comunicação e participação cidadã, bem como o mau cumprimento do Estado de Direito, dificultará a gestão eficiente da pandemia. Os autores afirmam ainda que populações envelhecidas, economias vulneráveis e um mercado de trabalho instável antes da pandemia reduzem a eficiência.

O trabalho de Mohanta, Sharanappa e Aggarwal (2021) buscou medir a eficiência dos estados da Índia durante a crise de Covid-19 em 2021. Calculando por meio da DEA e com o parâmetro de saída dividido em duas categorias, boa e ruim, em que o número de pessoas recuperadas são saídas desejáveis (boa) e o número de pessoas mortas são saídas indesejáveis (ruins), foi observado que 16 estados dos 32 estados têm um bom desempenho para gerenciar a pandemia COVID-19. Os autores alegam que a falta de recursos humanos e a escassez de equipamentos médicos são alguns dos problemas mais sérios enfrentados pelos governos estaduais ao lidar com essa crise.

3 METODOLOGIA

3.1 BASE DE DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos junto ao Ministério da Saúde¹, que consiste em informações municipais das capitais brasileiras, abrangendo o período de maio de 2020 a outubro de 2021².

As variáveis utilizadas no estudo foram:

- Casos: número de casos mensais de Covid 19 no município;
- Óbitos: número de óbitos mensais por Covid 19 no município;
- Idade: idade média dos indivíduos que contraíram Covid 19 no município;
- Duração: duração média mensal das internações por Covid 19 no município;
- Valor: valor médio dos gastos mensais por Covid 19;

¹Ver <https://covid.saude.gov.br/>

²Os dados iniciaram em maio de 2020 em decorrência de nesse mês, todas as capitais brasileiras apresentaram casos e óbitos de Covid 19.



- Proporção: proporção da população branca que contraiu Covid 19 no município;
- Vacina: variável dummie, onde 1 se aplica aos meses que foram aplicadas vacinas contra Covid 19 no município; 0 caso contrário³

3.2 ESTIMAÇÃO DO MODELO DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

No modelo de fronteira estocástica, são estimadas as ineficiências presentes no modelo de produção adotado, com a finalidade de se obter a eficiência técnica, componente da produtividade total dos fatores (BATTESE et al., 2004).

Battese et al (2004) definem a função de produção, baseada em Battese e Coelli (1995), de uma unidade de produção i no período t , sendo:

$$Y_{it(j)} = f(x_{it}, \beta_{(j)})e^{V_{it(j)} - U_{it(j)}} \equiv e^{x_{it}\beta_{(j)} + V_{it(j)} - U_{it(j)}} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, N_j, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad j = 1, 2, \dots, R,$$

$$\varepsilon = V_{it(j)} - U_{it(j)}$$

Em que,

$Y_{it(j)}$ é o vetor da quantidade produzida (outputs); x_{it} é o vetor de insumos (inputs) utilizados na produção; β é o vetor de coeficientes a serem estimados (parâmetros); V_{it} corresponde aos ruídos aleatórios do modelo e; U_{it} refere-se a ineficiência técnica da produção.

Battese e Coelli (1995) admitem que se $U = 0$, então o componente de erro $\varepsilon = 0$, indicando que o erro do modelo é simétrico, e os dados não evidenciam a presença de ineficiência técnica no modelo. No entanto, se $U > 0$, então a distribuição de $\varepsilon = V - U$ mostra-se negativamente assimétrica, indicando evidências de ineficiência técnica nos dados. Utilizando este teste, o termo U , quantifica a ineficiência técnica ou a distância em relação à fronteira de produção da unidade produtiva.

³O mês que se iniciou a vacinação foi fevereiro de 2021. Contudo, utilizou-se o mês de junho de 2021, em decorrência de que no referido mês, a população em geral começou a ser vacinada. Antes, somente a população acima de 75 anos, idosos e pessoas com comorbidades.

A principal vantagem quando se considera uma análise de fronteira estocástica é que, diferente de outros métodos, um componente de erro é introduzido para representar ruído, erros de medida. Além disso, permite a decomposição do desvio de uma observação em dois componentes: os ruídos aleatórios e os efeitos de ineficiência técnica da produção (MARINHO; CARVALHO, 2004).

Desta forma, com a aplicação do modelo de fronteira estocástica, obtém-se uma função de produção em termos dos seus fatores, onde é possível conseguir o máximo da produção, empregando uma determinada combinação eficiente de fatores.

A aplicação dos modelos econométricos paramétricos para estimação de eficiência, tais como as fronteiras estocásticas de produção, possibilitam a aplicação de testes de hipótese para análise e avaliação do melhor modelo a ser utilizado.

O teste de funcionalidade tem por objetivo comparar a função Cobb-Douglas, estimada de forma inicial como hipótese nula e da Função Translog como alternativa. Após estimação dos respectivos modelos, observa-se os valores de log-verossimilhança (LL). A partir do valor da estatística da Verossimilhança Generalizada (LR), aplica-se, em seguida, o teste hipótese: H_0 : Cobb-Douglas; H_1 : Translog. Esse procedimento foi definido no trabalho de Araújo, Feitosa e Silva (2014).

Assim, o teste da Razão de Verossimilhança Generalizado (RL) é determinado como se segue:

$$LR = - 2 [\ln LL(H_0) - \ln LL(H_1)]. \quad (2)$$

O $LL(H_0)$ se refere ao valor do log-likelihood da estimação pela Cobb-Douglas, e o $LL(H_1)$ se refere ao valor do log-likelihood da estimação da fronteira pela função Translog. Se LR for maior que o valor tabelado da Tabela de Kodde & Palm (1986), H_0 é rejeitado. Caso o valor de LR seja menor que o valor crítico, então H_0 não é rejeitado e assume-se que a forma funcional do tipo Cobb-Douglas se adéqua mais ao modelo em análise.

A definir o modelo mais adequado à representação da função de fronteira estocástica, que permitirá, por sua vez, estimar a eficiência e decomposição da ineficiência inerente ao processo produtivo, outros testes serão contemplados.

Considera-se que os coeficientes correspondentes às variáveis relacionadas ao tempo na função de produção são iguais (ou não) a zero, ou seja, testa-se a hipótese nula que o coeficiente referente ao tempo é igual a zero, contra a hipótese alternativa da função sendo estimada considerando a influência do tempo como termo de tendência. As hipóteses são:

H_0 : Coeficientes Relacionados ao Tempo = 0

H_1 : Coeficientes Relacionados ao Tempo \neq 0

Se o valor de LR exceder o valor crítico da tabela de Kodde & Palm (1986), rejeita-se H_0 e assume a influência de progresso técnico na função.

As variáveis número de casos e número de óbitos de Covid 19 são as variáveis resultado. As demais variáveis serão variáveis explicativas do modelo.

4 RESULTADOS

Nessa seção serão apresentadas a estatística descritiva das variáveis utilizadas no estudo; assim como os resultados obtidos nas estimativas da fronteira estocástica para Covid 19, e seus respectivos comentários.

4.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das variáveis contidas no modelo de fronteira estocástica. O número médio de casos nas capitais foi de 11.311, com o número médio de óbitos de 395. A idade média dos infectados é de 55 anos. A duração média das internações é de 9 dias, com um valor média de despesa de R\$5.792,50 por cada paciente internado. A proporção de brancos infectados é de 17,4%, enquanto que o período de vacinação corresponde a 18,7% do período amostral.

Tabela 1 – Sumário estatístico das variáveis

Variáveis	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Casos	11.311,39	13.664,93	88	99.264
Óbitos	395,24	620,01	1	5.240
Idade	55,467	4,32	32	66,22
Duração	9,47	2,15	3,96	19,88
Valor	5.792,50	2.550,31	1.552	16.492,94
Proporção	0,174	0,2252	0	1
Vacina	0,187	0,391	0	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.1 Fronteira estocástica para COVID 19

Inicialmente, foram realizados os testes de I de Moran, com intuito de verificar a existência (ou não) de heterocedasticidade. A hipótese nua diz que o modelo apropriado é o de Battese e Coelli (1995), mostrando a ausência de heterocedasticidade. Caso aceite a hipótese alternativa.

Os resultados encontram-se na Tabela 5, nos anexos e apresentaram a não existência de heterocedasticidade. Assim, o modelo de fronteira estocástica apropriado é o de Battese e Coelli (1995), e não de fronteira estocástica espacial.

A Tabela 2 mostra os resultados da estimação do modelo de fronteira estocástica do número de casos de Covid 19 nas capitais brasileiras. Observa-se que todas as variáveis do modelo são estatisticamente significantes ao nível de 10%.

A variável idade (Inidade) apresenta ser positivamente relacionada com o número de casos. Ou seja, analisando o coeficiente, se a idade do indivíduo aumentar 1%, o número de casos aumenta em 0,38%. Isso indica que, quanto mais velho o indivíduo, maiores são as chances de contrair Covid 19. Já com relação ao o indivíduo for branco (Improporção), as chances diminuem de contrair Covid 19. Se a proporção de indivíduos brancos aumentar 1%, o número de casos diminuem 1,46%.

As variáveis valor médio gasto (Invalor) e duração média (Induração) apresentaram ter sinais negativos e estatisticamente significantes. Isso indica que, quantos maiores forem os investimentos em gastos direcionados no combate ao Covid 19, menores serão os números de casos.

Outro resultado importante encontrado foi que o coeficiente relacionado à variável vacina (Invacina) apresentou um sinal negativo, indicando que, após a população nas capitais brasileiras iniciarem as vacinações, o número de casos de Covid 19 diminuiu.

Tabela 2 – Estimação da fronteira estocástica de produção (casos)

Variáveis	Estimativas	Desvio Padrão	Valor Z
Intercepto	-7,3093	1,9158	-3,8153*
Lnidade	0,3876	0,1030	8,5049*
Lnvalor	-0,2977	0,1269	-2,3459*
Lnproporção	-1,4589	0,3744	-3,8969*
Vacina	-0,4663	0,1037	-4,4966*
Ln duração	-0,0117	0,0082	-1,4269*
sigmaSq	0,8780	0,0597	14,6924*
Gamma	0,2767	0,0996	2,6807*

Fonte: Elaborado pelos autores. * significante a 10%.

Nota: o número de observações é 432; a Log Verossimilhança é -584,79

A Tabela 3 apresenta os resultados da estimação do modelo de fronteira estocástica do número de óbitos por Covid 19 nas capitais brasileiras. Com exceção da variável duração média (Ln duração), as demais variáveis foram estatisticamente significantes a 10%.

A variável idade (Ln idade), assim como no número de casos, apresentou relação positiva com o número de óbitos. Se a idade média da população aumentar 1%, os número de óbitos aumentam 0,23%. Isso indica que, quanto mais velha for a população, mais riscos de chegar ao óbito por Covid 19. A variável proporção da população branca também apresenta sinal negativo. Logo, quanto maior for a população branca, menor a probabilidade de ocorrer óbito. Outro resultado importante é que, assim como no número de casos, a variável vacina reduz as chances de óbitos.

Tabela 3 – Estimação da fronteira estocástica de produção (óbitos)

Variáveis	Estimativas	Desvio Padrão	Valor Z
Intercepto	-4,8171	0,7796	-6,1786*
Lnidade	0,2368	0,1290	1,8356*
Lnvalor	-0,4368	0,2303	-1,8966*
Lnproporção	-1,5059	0,4266	-3,5300*
Vacina	-0,8063	0,1174	-4,4966*
Lnduração	-0,6534	0,4682	-1,3955
sigmaSq	1,2265	0,0878	13,9633*
Gama	0,2619	0,1378	1,9006*

Fonte: Elaborado pelos autores. * significativa a 10%.

Nota: o número de observações é 432; a Log Verossimilhança é -656,5295

A Tabela 4 apresenta a eficiência técnica de cada capital brasileira para o número de casos e número de óbitos por Covid 19. Observa-se que, todas as capitais estão abaixo da sua fronteira de eficiência, para ambos os casos. Outro resultado encontrado é que a eficiência é maior quando se trata do número de óbitos. Isso ocorre devido ao fato de que, alguns casos de Covid 19 se apresentaram leves⁴, ou tratamento, que culminou na cura dos pacientes. Além disso, houve um cuidado especial, por partes dos gestores municipais, estaduais e federais, na criação de hospitais de campanha, aumento do número de leitos em hospitais públicos e privados, o que ajudou na redução do número de óbitos.

Verifica-se que, Brasília/DF apresentou a melhor eficiência no número de casos de Covid 19, e a segunda melhor eficiência no número de óbitos, sendo superado por Campo Grande/MS. O destaque negativo ficou por conta de São Luis/MA, que apresentou a pior eficiência, tanto para o número de casos quanto para o número de óbitos por Covid 19, seguido de Porto Alegre/RS e Belo Horizonte/MG.

Tabela 4: Eficiência Técnica do número de casos e de óbitos nas capitais brasileiras

CAPITAIS	ET CASOS	Ranking	ET ÓBITOS	Ranking
Porto Velho/RO	0,1474	8	0,3253	7
Manaus/AM	0,1498	5	0,2713	6
Rio Branco/AC	0,1284	15	0,2649	15
Campo Grande/MS	0,1895	2	0,4956	1
Macapá/AP	0,1346	12	0,2924	10
Brasília/DF	0,2023	1	0,4837	2
Boa Vista/RR	0,1642	3	0,3980	4
Cuiabá/MT	0,1140	20	0,2158	20

⁴ Principalmente após o início da vacinação.



Palmas/TO	0,1223	17	0,2412	17
São Paulo/SP	0,1496	7	0,3488	5
Teresina/PI	0,1122	21	0,2048	21
Rio de Janeiro/RJ	0,1461	9	0,43208	9
Belém/PA	0,1167	18	0,2233	18
Goiânia/GO	0,1329	13	0,2775	13
Salvador/BA	0,1451	10	0,3216	8
Florianópolis/SC	0,1384	11	0,3017	3
São Luis/MA	0,0958	27	0,1623	27
Maceió/AL	0,1067	24	0,1981	24
Porto Alegre/RS	0,0999	26	0,1741	26
Curitiba/PR	0,1098	23	0,2035	22
Belo Horizonte/MG	0,1058	25	0,1901	25
Fortaleza/CE	0,1333	12	0,2807	12
Recife/PE	0,1100	22	0,2015	23
João Pessoa/PB	0,1604	4	0,2837	11
Aracaju/SE	0,1323	15	0,3329	6
Natal/RN	0,1162	19	0,2215	19
Vitória/ES	0,1246	16	0,2536	16

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Os resultados apontam que a variável Idade possui uma relação positiva com o número de casos e óbitos de Covid 19. Isso ocorre devido ao fato de que a população mais velha é mais vulnerável a problemas respiratórios, cardíacos, neurológicos, de diabetes e pressão alta. Associado a esses fatores, tem-se as condições de menos anticorpos, que ao contrair Covid 19, possui maiores dificuldades na recuperação⁵. Já a variável Valor, que está relacionado aos investimentos em gastos na prevenção e recuperação dos pacientes com Covid 19, apresentou-se importante e significativa no combate ao Covid.

Em relação a variável Proporção, observa-se que quanto maior for a proporção de indivíduos brancos, menor as chances de contrair e/ou morrer por Covid 19. Esse resultado pode ser explicado por diversos fatores: grande parte da população pobre nas capitais brasileiras são indivíduos negros; a população negra reside, em sua maioria, em locais com maior densidade demográfica, e com baixas condições sanitárias, que facilita a contração de Covid 19; a população branca está presente, em maior proporção, em locais de melhores condições sanitárias, além de uma melhor condição de vida⁶. Já a variável Vacina apresentou-se significativa no combate ao número de casos e óbitos por Covid 19.

⁵ Mais detalhes ver Romero et al(2021).

⁶ Mais detalhes ver Goes et al (2020).

Assim, a partir do período que se iniciou a vacinação na população, observou-se uma redução do número de casos e óbitos por Covid 19.

A eficiência técnica das capitais no combate ao número de casos e de óbitos por Covid 19 apresentou que a capital São Luis/MA mostrou-se menos eficiente do que as demais. Isso ocorreu devido, ao fato de que o estado do Maranhão apresentar os piores indicadores econômicos e sociais dos estados brasileiros, que deixa a população de São Luís/MA mais vulnerável. Outros destaques negativos foram Porto Alegre/RS e Belo Horizonte/MG, que apresentaram baixos níveis de eficiência técnica.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O objetivo desse estudo foi analisar a eficiência técnica no combate ao número de casos e óbitos causados pelo Covid-19 nas capitais brasileiras. Para isso, utilizou-se um modelo de fronteira estocástica, com base de dados de variável extraídas do Ministério da Saúde.

Os resultados apresentados mostraram que variáveis como idade aumentam as chances de contrair e também de falecer por Covid 19. Isso se dá pela maior vulnerabilidade dos indivíduos de maior idade. Outro ponto relevante é que, em crianças, os casos de Covid 19 são mais assintomáticos do que em adultos. Já variáveis como valor (gastos mensais por parte das prefeituras) e proporção da população branca mostraram resultados positivos no combate ao Covid 19. Logo, a população negra, por apresentar menor faixa de renda e residir em locais de maior densidade demográfica, com baixas condições sanitárias e de higiene é mais propensa a adquirir Covid 19.

Outro resultado importante foi a vacina também se apresentou relevante no combate ao Covid 19. A partir do momento que se iniciou a vacinação da população, os números de casos e de óbitos passaram a diminuir. Até mesmo no número de casos, eles se tornaram mais leves, comparado ao início da pandemia, em março de 2020.

Ao analisar as eficiências técnicas dos municípios, observou-se que os municípios de Brasília/DF e Campo Grande/MS apresentaram ser melhor eficiente do que os demais capitais. Contudo, as eficiências em geral ficaram abaixo da fronteira esperada,

REFERÊNCIAS

ASANDULUI, L.; ROMAN, M.; FATULESCU, P. The Efficiency of Healthcare Systems in Europe: A Data Envelopment Analysis Approach. **Procedia Economics and Finance**, v. 10, 2014. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00301-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00301-3).

BREITENBACH, M. C.; NGOBENI, V.; AYE, G. C. Efficiency of Healthcare Systems in the First Wave of COVID-19-a Technical Efficiency Analysis. **Munich Personal RePEc Archive**, n. 101440, 2020.

FROGNER, B.K.; FRECH, H.; PARENTE, S.T. Comparing efficiency of health systems across industrialized countries: a panel analysis. **BMC Health Serv Res**, v. 15, n. 415, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12913-015-1084-9>

MARTÍNEZ-CÓRDOBA, P.J.; BENITO, B.; GARCÍA-SÁNCHEZ, I. M. Efficiency in the governance of the Covid-19 pandemic: political and territorial factors. **Global Health**, v. 17, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00759-4>

MOHANTA, K. K.; SHARANAPPA, D. S.; AGGARWAL, A. Efficiency analysis in the management of COVID-19 pandemic in India based on data envelopment analysis. **Current Research in Behavioral Sciences**, Volume 2, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.crbeha.2021.100063>.

NASSAR, H.; SAKR, H.; EZZAT, A.; FIKRY, P. Technical efficiency of health-care systems in selected middle-income countries: an empirical investigation. **Review of Economics and Political Science**, v. 5, n. 4, 2020.

TOP, M.; KONCA, M.; SAPAZ, B. Technical efficiency of healthcare systems in African countries: An application based on data envelopment analysis. **Health Policy and Technology**, v. 9, n.1, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2019.11.010>.

ABRUCIO, F. L.; GRIN, E. J.; FRANZESE, C.; SEGATTO, C. I.; COUTO, C. G. Combate à COVID-19 sob o federalismo bolsonarista: um caso de descoordenação intergovernamental. **Revista de Administração Pública** [online]. 2020, v. 54, n. 4

BEGA, M. T. S.; SOUZA, M. N. Pandemia e efeito-território: a desigualdade social como catalisadora da Covid-19. **Revista Brasileira de Sociologia**, v. 09, n. 21, 2021.

BRODEUR, A, GRAY, D, ISLAM, A, BHUIYAN, S. A literature review of the economics of COVID-19. **Journal of Economic Surveys**. V. 35, 2021. <https://doi.org/10.1111/joes.12423>

CIMINI, F.; JULIÃO, N. A.; SOUZA, A.; FERREIRA, J. V. S.; FIGUEIREDO, G. R.; GARCIA, L. F. G.; RAFAEL TOMAGNINI HARGREAVES, R. T.; BAGGGIA, F. Análise das primeiras respostas políticas do governo brasileiro para o enfrentamento da

Covid-19 disponíveis no repositório global Polimap. Belo Horizonte: Cedeplar, 2020. (Nota Técnica).

FONG, M. W.; GAO, H.; WONG, J. Y.; XIAO, J.; SHIU, E.; RYU, S.; COWLING, B. J. Nonpharmaceutical Measures for Pandemic Influenza in Nonhealthcare Settings: Social Distancing Measures. **Emerging Infectious Diseases**, v. 26, n.5, 2020. <https://doi.org/10.3201/eid2605.190995>

GOES, E. F.; RAMOS, D. O.; FERREIRA, A. J. F. Desigualdades raciais em saúde e a pandemia da Covid-19. **Trabalho, Educação e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, 2020, e00278110. DOI: 10.1590/1981-7746-sol00278

INSTITUTO BUTANTAN. Por unanimidade, diretoria da Anvisa aprova uso emergencial da CoronaVac, 2021. Disponível em: < <https://butantan.gov.br/noticias/por-unanimidade-diretoria-da-anvisa-aprova-uso-emergencial-da-coronavac>>. Acesso em 04/02/2022.

QIU, Y., CHEN, X. & SHI, W. Impacts of social and economic factors on the transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China. **J Popul Econ**, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00148-020-00778-2>

MÕES, M.; HOMERO, V. **Vacinação contra Covid-19 começa em 50 países**. 2020, 31/12/2020. Disponível em: < <https://www.poder360.com.br/coronavirus/vacinacao-contracovid-19-comeca-em-50-paises-leia-a-lista/>>. Acesso em: 02/02/2022.

MONARI, A. C. P.; ARAÚJO, K. M.; SOUZA, M. R.; SACRAMENTO, I. **Legitimando um populismo anticiência: análise dos argumentos de Bolsonaro sobre a vacinação contra Covid-19 no Twitter**. Rio de Janeiro: Liinc em Revista, v. 17, n. 1, 2021

MORAES, R. F. **A segunda onda da pandemia (mas não do distanciamento físico): covid-19 e políticas de distanciamento social dos governos estaduais no Brasil**. Brasília: Ipea, 2021. (Nota Técnica, n. 31).

MORAES, R. F. **Covid-19 e medidas legais de distanciamento social: isolamento social, gravidade da epidemia e análise do período de 25 de maio a 7 de junho de 2020 (boletim 5)**. Brasília: Ipea, 2020. (Nota Técnica, n. 22).

PINHEIRO, A. C.; MATOS, S. **Pandemia cede, mas recuperação mais expressiva da atividade segue desafiante**. FGV, 2021 (Boletim Macro, n. 121)

ROMERO, D. E. et al. Idosos no contexto da pandemia da COVID-19 no Brasil: efeitos nas condições de saúde, renda e trabalho. **Cadernos de Saúde Pública**. 2021; 37(3):e00216620

SILVA, L. O. P.; NOGUEIRA, J. M. R. A corrida pela vacina em tempos de pandemia: a necessidade da imunização contra a COVID-19. **RBAC**, v. 52, n. 2, 2020.



ANEXO

Tabela 5: Resultados do teste de I de Moran.

Meses	I de Moran	P – Valor
05/2020	1.2228	0,2214
06/2020	0.363	0.7166
07/2020	-0.542	0.5878
08/2020	0.9466	0.3438
09/2020	0.2774	0.7814
10/2020	0.4768	0.6335
11/2020	1.3472	0.1779
12/2020	0.5642	0.5726
01/2021	-0.2260	0.8212
02/2021	0.0652	0.948
03/2021	-0.8829	0.3773
04/2021	0.2205	0.8255
05/2021	0.3019	0.7627
06/2021	0.4445	0.6567
07/2021	-0.0786	0.9373
08/2021	1.522	0.128