

EPIDEMIA DE COVID-19: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS UNIDADES FEDERATIVAS DO BRASIL

**Richardson Coimbra Borges,
UFMS,
richardson.borges@ufms.br**

**Adriano Nuintin,
UNIFAL,
adriano.nuintin@unifal-mg.edu.br**

**Georgiana Luna Batinga,
UFMS,
georgiana.luna@ufms.br**

**Alessandro Silva de Oliveira,
UFMS,
alessandro.oliveira@ufms.br**

**Ivan Maia Tomé
UFMS,
ivanmaia@msn.com**

RESUMO

Em dezembro de 2019 o novo Coronavírus (Covid-19) foi observado pela primeira vez em Wuhan, na China, desde então o vírus tem se espalhado pelo globo, infectando milhões de pessoas e ceifando milhares de vidas. Neste contexto a avaliação da eficiência dos efeitos das ações das unidades federativas brasileiras frente a pandemia é condição *sine qua non* para a sua mitigação e retorno a “nova normalidade”. Assim, o objetivo deste estudo é medir a eficiência dos estados brasileiros e Distrito Federal no controle da propagação da epidemia de Covid-19, bem como na prevenção dos óbitos. Para o atingimento do objetivo proposto foi realizado um estudo quantitativo, descritivo e exploratório da eficiência das unidades federativas por meio da metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA) no mês de agosto de 2020. Os principais resultados informam que o estado do Acre foi o mais eficiente no controle do espalhamento da doença e também na minimização dos óbitos. Já o estado de São Paulo apresentou a pior eficiência nos dois contextos. Com relação a pesquisas futuras sugere-se a replicação dos modelos em outros intervalos de tempo, bem como a utilização de outras variáveis relacionadas a medição do desempenho no contexto da epidemia de Covid-19.

Palavras-chave: Covid-19, Avaliação de Desempenho, *Data Envelopment Analysis* (DEA).

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema e problema de pesquisa

Em dezembro de 2019 o Novo Coronavírus, também denominado Covid-19, foi observado pela primeira vez em Wuhan, província de Hubei, na China, sendo o escritório da Organização Mundial de Saúde (OMS) informado em 31 de dezembro de 2019 sobre casos de pneumonia de etiologia desconhecida (cuja causa é desconhecida).

Já em 3 de janeiro de 2020 a OMS foi notificada pelas autoridades chinesas sobre a contaminação de 44 pacientes com pneumonia de etiologia desconhecida, sendo desse total 11 pacientes em estado grave e 33 em condição estável (WHO, 2020).

Desde então o Novo Coronavírus tem se espalhado pelo globo, infectando milhões de pessoas e ceifando centenas de milhares de vidas. No momento em que este texto está sendo escrito, agosto de 2020, o número global é de 22.773.308 infectados, e 795.196 óbitos (JOHNS_HOPKINS_UNIVERSITY, 2020), e espera-se que uma cifra ainda maior de contaminados e mortes ocorra nos meses vindouros.

Desta forma, a pandemia de Covid-19 representa um dos maiores desafios sanitários em escala global do século XX. Constituem fatores para a exacerbação dos desafios no enfrentamento da pandemia da Covid-19 o insuficiente conhecimento científico referente ao Novo Coronavírus, a alta velocidade de irradiação da doença e o alto índice de óbitos em populações e grupos vulneráveis (BARRETO *et al.*, 2020); o que dificulta sobremaneira a tomada de decisões governamentais sobre a implementação de estratégias eficazes na mitigação da propagação da doença e do número de óbitos.

O cenário brasileiro no enfrentamento da pandemia se mostra ainda mais adverso, haja vista os graves problemas socioeconômicos que o país arrostava antes da detecção do primeiro caso de Covid-19, em 26 de fevereiro de 2020. Não contribui para o enfrentamento da epidemia, muito pelo contrário, o território de proporções continentais com padrões distintos de distribuição populacional e realidades locais bastante heterogêneas.

Pari passu às fragilidades estruturais da realidade brasileira está o agravamento dos efeitos da epidemia do Novo Coronavírus em função de uma crise tripla, a saber, crise comportamental, crise sanitária e crise econômica.

O risco sanitário do vírus tem levantado inúmeras questões desafiadoras ao gestor público, não somente no que se refere às políticas públicas para o enfrentamento e mitigação da doença, mas também referentes a outras consequências da epidemia, uma das quais é o

efeito econômico.

Desta forma, durante os primeiros meses de 2020 os governantes dos estados da federação brasileira e Distrito Federal foram desafiados na propositura de ações efetivas que visem a minimização da propagação da Covid-19 e a redução de suas consequências nefastas em termos de número de óbitos, bem como na mitigação dos efeitos econômicos pós pandemia.

A responsabilidade pela adoção de políticas públicas assertivas no combate a epidemia foi maximizada quando, em 15 de abril de 2020, o Supremo Tribunal Federal, mais alta Corte de Justiça do Brasil e guardião da Constituição, confirmou a competência concorrente da União, Estados, Distrito Federal e Municípios nas ações de combate a Covid-19, ou seja, os governadores e prefeitos têm liberdade para estabelecer medidas restritivas de mitigação da doença. Houve o reconhecimento, por parte da Suprema Corte, de que a União pode legislar sobre o tema, mas deve garantir a autonomia dos demais entes da federação.

Ações como a criação de infraestrutura hospitalar, tais como leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) para profissionais de saúde, gestão e controle ambulatorial, disponibilização de corpo técnico de profissionais de saúde, medicamentos, respiradores, dentre outros; bem como ações que não contam com a concordância ou simpatia de todos os cidadãos tais como Isolamento Social e legislação que obriga o uso de máscaras de proteção em público, foram levadas a cabo por governantes dos estados brasileiros no combate ao Novo Coronavírus.

Conforme dito, diversas medidas para contenção da propagação do Novo Coronavírus, bem como para a mitigação do número de óbitos, foram sancionadas pelas autoridades locais nas três esferas administrativas, e a medida mais difundida foi a prática do Distanciamento Social (BEZERRA, SILVA e SOARES; 2020), bastante conhecida como Isolamento Social pela população, por isso nesta pesquisa optar-se-á por esta expressão.

Considerando a perspectiva da necessidade de avaliação da eficiência dos efeitos das ações frente a pandemia da Covid-19, a questão de pesquisa deste trabalho é a seguinte: Qual o nível de eficiência das unidades federativas brasileiras no controle da propagação da Covid-19, bem como na minimização do número de óbitos?

Desta forma, este trabalho concentrar-se-á em analisar a eficiência das unidades federativas brasileiras na redução do espalhamento da Covid-19 e na mitigação dos óbitos

1.2 Justificativa

A justificativa para a realização desta pesquisa se apoia no contexto destacado por DUAN *et al.* (2020) de que a intervenção governamental tem impacto, positivo ou negativo, na prevenção e controle da transmissão de epidemias, bem como no número de óbitos.

Há uma literatura prolífica de respostas governamentais visando a prevenção e mitigação de doenças epidêmicas, pode-se citar como exemplo de atuação a intervenção do governo britânico na peste bovina, a prevenção e controle de doenças epidêmicas pelo governo de Pequim, a prevenção e controle da epidemia de cólera pelo governo local de Shandong, na China, dentre outras.

Existem intervenções estatais cujas ações são bem sucedidas e também aquelas que apresentam resultados não tão satisfatórios, como o plano de prevenção e controle do H7N9 da medicina tradicional chinesa, levada a cabo pelo governo chinês durante a epidemia em 2013, haja vista a ação de lançamento de um sistema de notificação diária de informações sobre a epidemia produzir efeitos sociais negativos (DUAN *et al.*, 2020).

Desta forma a análise do desempenho governamental em contexto de epidemias é extremamente relevante, e ainda mais no caso em voga em que a epidemia de Covid-19 ainda está em curso; não obstante o sucesso ou insucesso do Estado neste cenário determinar o êxito nas funções precípuas que lhe confere a Carta Magna de 1988 como agente promotor do bem estar social e proteção dos cidadãos.

Inobstante a importância da análise do desempenho governamental no contexto de epidemias cabe destacar que não foram encontradas na literatura (pesquisa efetuada nas bases dados Web of Science, Portal de Periódicos Capes, Google Acadêmico, base de dados Spell, BDTD – Banco de Teses e Dissertações da USP, base de dados ANPAD e buscador Google) pesquisas desenvolvidas com o objetivo de medir a eficiência das unidades federativas brasileiras no episódio da Covid-19 por meio de *Data Envelopment Analysis*.

Desta forma, com base nas lacunas apresentadas, esta pesquisa tem como objetivo geral medir o desempenho (eficiência) das unidades federativas brasileiras na minimização da propagação da epidemia de Covid-19, bem como na prevenção dos óbitos.

Ao atingir o objetivo proposto espera-se contribuir para a análise da efetividade do Estado no contexto da tripla crise causada pela pandemia do Novo Coronavírus. Assim, a contribuição do estudo está pautada na construção de modelos de avaliação de desempenho das unidades federativas brasileiras na gestão da pandemia de Covid-19, por meio do

levantamento de indicadores de avaliação da eficiência e pesquisa teórica que trata do aspecto empírico, de tal forma que os modelos de análise possam ser replicados ou complementados no futuro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Panorama da Pandemia de Covid-19

Em dezembro de 2019 os hospitais de Wuhan, capital da província da República Popular da China de Hubei, um importante centro de transporte chinês, começaram a receber pacientes locais com pneumonia grave de origem desconhecida. Muitos pacientes tinham apenas como fator comum a exposição ao mercado atacadista, ou mercado grossista, de frutos do mar de Huanan, que também comercializa animais silvestres vivos (SINGHAL, 2020).

Ainda de acordo com o autor citado em 31 de dezembro de 2019 a China notificou o surto de pneumonia de etiologia desconhecida a Organização Mundial de Saúde (OMS). Em 7 de janeiro o vírus foi identificado como um coronavírus, sendo este um vírus que tem estrutura em formato de coroa e que, em geral, circula apenas entre animais tais como roedores e morcegos, mas infecta pessoas quando há uma aproximada convivência ou o vírus sofre mutações (DOGRA, GOYAL e SHARMA, 2020).

Quando da ocorrência dos primeiros estudos sobre este novo coronavírus, após o aparecimento dos primeiros casos na província de Wuhan, o patógeno recebeu o nome provisório de “2019 N-Cov” e mais tarde o nome oficial de “SARS-COV-2”, um acrônimo para o nome completo, em inglês, *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (Síndrome Respiratória Aguda Grave Coronavírus 2, em tradução livre). Em vários locais do mundo os termos mais utilizados para se referir ao patógeno são Covid-19 ou Novo Coronavírus, expressões também empregadas neste trabalho.

Desde a notificação das autoridades chinesas das primeiras ocorrências, em dezembro de 2019, à OMS, à época o número de casos começou a aumentar exponencialmente, alguns dos quais não foram contaminados no mercado de frutos do mar de Huanan, o que sugeriu que a transmissão entre humanos estava ocorrendo (SINGHAL, 2020). O primeiro caso fatal foi reportado à OMS em 11 de janeiro de 2020.

Em decorrência do Ano Novo chinês o deslocamento em massa dos chineses promoveu a propagação da epidemia para outras localidades, havendo relatos de casos em

outras províncias da China, bem como em outros países tais como Tailândia, Japão e Coreia do Sul, em sucessão bastante acelerada. A transmissão aos profissionais de saúde que cuidam dos pacientes infectados pela Covid-19 foi descrita em 20 de janeiro de 2020 (JAIN *et al.*, 2020).

Em 23 de janeiro de 2020, os 11 milhões de habitantes de Wuhan foram colocados sob restrições de deslocamento, havendo controle de entrada e saída da região, sendo posteriormente tais medidas estendidas a outras cidades da província de Hubei. Ainda em 23 de janeiro de 2020 foram relatados casos de Covid-19 em outros países por pacientes sem histórico de viagens à China, sugerindo que a transmissão local entre humanos estava ocorrendo nesses locais (SINGHAL, 2020).

Aeroportos em diferentes países, incluindo a Índia, dispuseram de mecanismos para a triagem, de forma a detectar pessoas sintomáticas que retornavam da China; e aquelas que apresentavam algum sintoma característico da doença, como febre e, ou, tosse, foram isoladas, sendo testadas para a COVID-19. Logo ficou patente que a infecção poderia ser transmitida por pessoas assintomáticas. Portanto, países incluindo a Índia, que evacuaram seus cidadãos de Wuhan por meio de voos especiais ou que tiveram viajantes retornando da China, submeteram todas as pessoas sintomáticas ou não a um isolamento de 14 dias e as testaram para o vírus (JAIN *et al.*, 2020).

Em 30 de janeiro de 2020 a Organização Mundial de Saúde – OMS declarou a epidemia chinesa de Covid-19 como uma emergência de saúde pública de preocupação internacional, o que representa um alto risco para países com sistema de saúde vulnerável. O comitê de emergência da OMS informou, ainda, que o espalhamento da doença pode ser mitigado pela detecção precoce, isolamento social, tratamento imediato e um sistema eficiente para rastreamento dos contatos efetuados com os infectados (SOHRABI *et al.*, 2020). Após a data desta declaração o número de óbitos e casos não parou de crescer.

No momento em que este texto está sendo escrito, agosto de 2020, o número mundial de casos é de 22.773.308 infectados e 795.196 óbitos (JOHNS_HOPKINS_UNIVERSITY, 2020), e espera-se que um número ainda maior de contaminados e óbitos ocorra nos meses subsequentes.

No Brasil o primeiro caso de Covid-19, confirmado pelo Ministério da Saúde do Brasil (MSB), ocorreu em 25 de fevereiro de 2020. Foi acometido pela doença um homem de 61 anos que havia efetuado uma viagem para o norte da Itália, para a Lombardia, região essa que

apresentava número significativo de ocorrências à época. Em 26 de março de 2020 já havia 2.915 casos confirmados e 77 óbitos em território brasileiro nas mais diversas localidades, de acordo com os dados oficiais do Ministério da Saúde do Brasil (LIMA *et al.*, 2020). Estados como Rio de Janeiro e São Paulo registram episódios de transmissão comunitária, quando não é possível identificar a origem da transmissão.

Em 28 de agosto de 2020 dados oficiais do MSB revelaram 3,66 milhões de casos acumulados de Covid-19, cerca de 17.463 casos por milhão de habitantes, e 116.580 óbitos em território brasileiro. O total de recuperados era de 2,85 milhões, e o número de pacientes acompanhados pelo sistema de saúde brasileiro era de 705.020. A região Sudeste é a região brasileira que apresentava maior número de casos acumulados, 1,28 milhões, seguida por Nordeste, Norte, Centro-Oeste e Sul, com respectivamente 1,09 milhões, 513.635, 404.421 e 368.990 casos acumulados (SUSANALÍTICO, 2020).

Diante do cenário apresentado, os desafios enfrentados pelo Brasil para a redução da propagação da epidemia de Covid-19 e minimização do número de óbitos em função da doença são agravados pela falta de conhecimento da transmissão do vírus em contexto de grande desigualdade social, econômica e demográfica, com populações vivendo em situações precárias de saneamento e habitação, sem acesso a itens básicos de profilaxia, tais como água, sabão e álcool gel, e em situação de aglomerações, a exemplo de comunidades nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, e com alta prevalência de doenças crônicas (BARRETO *et al.*, 2020).

As crises testam o Estado quanto à sua capacidade de proteção dos cidadãos, exigindo do gestor público a tomada de ações necessárias para o bem estar social. A tripla crise provocada pela pandemia de Covid-19 exige o influxo do Estado Brasileiro em diversas dimensões, o desafiando na promoção de políticas públicas assertivas de curto, médio e longo prazos para a mitigação da propagação da doença, redução do número de óbitos e retomada a “normalidade” no período pós pandemia.

O governo brasileiro tem implementado ações que podem ser agrupadas em três grandes dimensões, a saber, a determinação ou recomendação de Distanciamento Social e, ou, Isolamento Social; a ampliação da infraestrutura hospitalar, com a ampliação da capacidade de atendimento dos serviços de saúde; e apoio econômico aos cidadãos, famílias e empresas. Não obstante estas ações, no caso brasileiro, a implementação acontece a partir de atuações e medidas isoladas, de modo heterogêneo, por parte das unidades federativas haja vista a falta

de coordenação e articulação em âmbito nacional (PIRES, 2020).

Dentre as inúmeras estratégias para a prevenção da Covid-19 está o Distanciamento Social, que é a minimização do contato entre indivíduos saudáveis e potencialmente infectados, evitando as aglomerações, e preconizando o afastamento de pelo menos um metro e meio entre as pessoas. Em casos extremos, em função do entendimento do governante de plantão, adota-se o Isolamento Social que é quando as pessoas devem ficar confinadas em suas residências para que ocorra o Distanciamento Social (PEREIRA *et al.*, 2020). Para facilitar o entendimento, haja vista que a população não faz distinção entre os termos Isolamento Social e Distanciamento Social, doravante considerar-se-á apenas o termo Isolamento Social.

No Brasil, o primeiro episódio de Isolamento Social ocorreu em 13 de março de 2020, quando o governador do estado do Rio de Janeiro, Wilson Witzel, emitiu decreto que determinava o fechamento de locais que oportunizavam aglomerações, tais como escolas, cinemas, teatros, dentre outros, bem como promoveu a proibição da realização de eventos por um período de 15 dias. Foram mantidas apenas as atividades essenciais (FARIAS, 2020).

Em 18 de março de 2020 houve a decretação, por parte do governo federal, de estado de calamidade pública e em 20 de março de 2020 o MSB afirmou a transmissão comunitária em todo o território nacional. A partir de então o MSB passou a recomendar medidas de Isolamento Social, levando-se em conta as peculiaridades de cada região, com a observação de critérios epidemiológicos, ou seja, a transmissibilidade da Covid-19 além da capacidade do sistema de saúde brasileiro (SCHUCHMANN *et al.*, 2020).

2.2 Estudo anteriores sobre o Covid-19

Vários estudos anteriores a este podem ser destacados a respeito da situação de pandemia e seus desdobramentos, no contexto da epidemia de Covid-19. FARIAS (2020) analisou o Isolamento Social como estratégia para a redução da vulnerabilidade ao avanço da Covid-19. CASTRO, OLIVEIRA, MORAIS e GAI (2020) analisaram estratégias de enfrentamento da Covid-19 para redução dos impactos nas organizações, destacando o Isolamento Social e a restrição à movimentação de pessoas em diferentes países, a melhor estratégia de contenção da proliferação da doença, e diante desta realidade as organizações começaram a dar mais atenção para o gerenciamento digital dos negócios e *Home Office*.

O autor MORAES (2020b) analisou no período de 25 de maio a 07 de junho de 2020

as medidas legais de Isolamento Social e sua relação com a gravidade da epidemia. O autor assevera que há no Brasil uma política descentralizada de Isolamento Social, havendo variação bastante significativa no grau de rigor aplicado pelas unidades federativas. Segundo o autor haverá períodos de relaxamento e de aumento de rigor de maneira alternada.

DIAS JR. (2020) descreveu como a população brasileira apoia e realiza o Isolamento Social no contexto da pandemia de Covid-19. Já MORAES (2020a) faz um balanço de um período de aproximadamente quatro meses de medidas de Isolamento Social no país, tomando como referência o momento em que as primeiras medidas foram introduzidas.

Diversas pesquisas anteriores podem ser destacadas no que se refere ao emprego da metodologia Análise por Envoltória de Dados (DEA) utilizando-se variáveis relacionadas à Covid-19. BREITENBACH, NGOBENI e AYE (2020) analisaram a eficiência na contenção da epidemia de Covid-19 nos 31 países com mais infectados durante os cem primeiros dias do surto; já GHASEMI, BOROUMAND e SHIRAZI (2020) pesquisaram a eficiência de 19 países, de 2 de fevereiro de 2020 a 12 de abril de 2020, no controle da propagação da pandemia e prevenção de mortes em função do Novo Coronavírus; cita-se, ainda, SHIROUYEZAD, KHODADADI-KARIMVAND e JOZDANI (2020) que pesquisaram a taxa relativa de crescimento do contágio de Covid-19 nos países europeus mais afetados pela doença nas duas últimas semanas do mês de março de 2020, verificando a evolução ou involução da eficiência por meio de Malmquist Index (MI).

Outros estudos foram conduzidos com a finalidade de se analisar a eficiência das ações implementadas na China, onde foi detectado o primeiro caso do Novo Coronavírus, no controle da doença, por meio de DEA. Dentre estes estudos, destaca-se DUAN *et al.* (2020) que examinaram as relações entre intervenções governamentais, percepção de risco e adoção pública de recomendações de ação protetora durante a emergência da doença na China continental.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o atingimento do objetivo proposto foi realizado um estudo de abordagem quantitativa, do tipo descritivo e exploratório para analisar a eficiência das unidades federativas brasileiras na minimização da propagação da Covid-19 e na mitigação do número de óbitos em cada um dos 26 estados brasileiros e Distrito Federal, por meio da comparação e

análise dos resultados utilizando-se da metodologia *Data Envelopment Analysis (DEA)*.

As variáveis da pesquisa são dados secundários coletados por meio de pesquisa documental, a partir da consulta as seguintes fontes: (i) Sistema de Informação Hospitalar do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), disponíveis no endereço eletrônico do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) e (ii) Painel Covid Radar (Covidradar.org). Os dados coletados têm data de incidência no mês de agosto de 2020.

A ferramenta utilizada para análise quantitativa de dados foi a *Data Envelopment Analysis (DEA)*. A DEA cria um modelo multivariado, ou seja, que contempla mais do que duas variáveis e foi desenvolvida com o intuito de medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão (Decision Making Unit - DMU), levando-se em consideração aspectos multivariados (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978).

O modelo utilizado para análise das variáveis foi o modelo BCC-DEA com orientação a *input* (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984). O modelo foi desenvolvido para tratar de retornos variáveis de escala, substituindo o paradigma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo paradigma da convexidade. O modelo formulado com orientação ao insumo é o seguinte (MARIANO, 2012):

$$\text{Maximizar } \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} + u_k \quad (1)$$

Sujeito às restrições:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} + u_k - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \leq 0 \quad (1a)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (1b)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon; u_k \text{ livre de sinal.}$$

em que y = produtos; x = insumos; u, v = pesos; $r = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$; $k = 1, \dots, N$; ε = número não arquimediano.

O modelo formulado com orientação a produto é o seguinte (KASSAI, 2002; OLIVEIRA, 2019):

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} + v_k \quad (2)$$

Sujeito às restrições:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - v_k - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \leq 0 \quad (2a)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1 \quad (2b)$$

$u_r, v_i \geq \varepsilon$; v_k livre de sinal.

em que y = produtos; x = insumos; u, v = pesos; $r = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$;

$k = 1, \dots, N$; ε = número não arquimediano.

Conforme Moreira e Ferreira (2019) quanto maior o número de *inputs* e *outputs* envolvidos na análise, maior será a possibilidade de uma DMU alcançar a fronteira envoltória, de tal forma que quanto menor for esse número, mantendo-se constante o número de DMU's, maior será o poder discriminatório da análise por meio da DEA. De acordo com Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014) a relação entre o número de DMU's necessário em comparação a soma do número de entradas e saídas é dado por:

$$"K \geq 2 * (I+O)" \quad (3)$$

em que K é o número de DMU's, I é o número de *inputs* e O é o número de *outputs*.

No caso desta pesquisa a relação anterior é atendida, haja vista haver 27 DMU's, e para o Modelo Empírico 1 há 3 *inputs* e *outputs*, e para o Modelo Empírico 2 há 2 *inputs* e *outputs*. Neste estudo a eficiência das unidades federativas brasileiras foi medida em duas fases, sendo a primeira a avaliação do controle da propagação da Covid-19 e a segunda a prevenção de mortes em função da Covid-19.

Fase I - Eficiência no controle da propagação da Covid-19

A fase I tem a finalidade de se investigar o desempenho dos estados brasileiros na prevenção da propagação do Novo Coronavírus.

As variáveis que compuseram o Modelo Empírico 1 foram:

Output:

Número de novos casos de Covid-19 em cada estado e Distrito Federal brasileiro (NCC): Variável que apresenta o número de novos casos de Covid-19 nas unidades

federativas brasileiras. Por se tratar de *output* indesejável, haja vista que o critério para seleção de *output* deve ser “quanto maior, melhor” (LEIVA, DOS REIS e ORRICO FILHO, 2020), efetivou-se a relação $1/NCC$, que consiste em uma estratégia da DEA para tratamento de *outputs* indesejáveis.

Inputs:

Densidade Populacional (DP) das unidades federativas brasileiras: Variável que permite a comparação entre estados e Distrito Federal. O número de mortes de Covid-19 está diretamente relacionado com a densidade populacional dos estados brasileiros (ROCKLÖV e SJÖDIN, 2020), sendo a densidade populacional a medida expressa pela relação entre a população e superfície do território em quilômetros quadrados. A variável DP foi tratada como *input* haja vista o critério de “quanto menor, melhor”, e neste caso quanto menor a densidade populacional menor será a chance de contágio por Covid-19.

Índice de Isolamento Social (IIS): O Índice de Isolamento Social é um indicador que apresenta o percentual da população brasileira nas unidades federativas que estão respeitando a determinação governamental de Isolamento Social. Espera-se que quanto maior o isolamento social menores as chances de propagação do Novo Coronavírus (GARCIA e DUARTE, 2020). Por se tratar de *input* indesejável, haja vista que o critério para seleção de *inputs* deve ser “quanto menor, melhor” utilizou-se a relação $1/IIS$, que consiste em uma estratégia da DEA para tratamento de *inputs* indesejáveis.

Fase II – Eficiência na mitigação de óbitos causados pela Covid-19

Nesta fase avaliou-se a eficiência da unidade federativa brasileira na mitigação do número de óbitos por Covid-19. Para a modelagem utilizaram o DEA Dinâmico, haja vista a saída do Modelo Empírico 1 ser utilizada como *input* para a análise do Modelo Empírico 2. As variáveis que irão compor o Modelo Empírico 2 serão:

Output:

Número de óbitos confirmados por Covid-19 (NO): Os dados são referentes aos óbitos

por Covid-19 nas unidades federativas brasileiras no mês de agosto de 2020. Por se tratar de *output* indesejável a relação utilizada foi 1/NO.

Input:

Output do Modelo I (OMI): A eficiência governamental no controle de espalhamento da doença é um fator que influencia o número de mortes por coronavírus. Desta forma a saída do Modelo Empírico 1 foi utilizada como entrada para o Modelo Empírico 2. Por se tratar de *input* indesejável, a relação utilizada foi 1/OMI.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Análise e discussão dos resultados da Fase I

O Modelo Empírico 1 se caracterizou pela modelagem de variáveis cuja finalidade é medir o desempenho dos estados brasileiros e Distrito Federal (DMU's) no controle da propagação da epidemia de Covid-19. A Tabela 1 evidencia o resultado da *performance* das unidades federativas brasileiras obtido nas Fases I e II, bem como os alvos a serem alcançados pelas DMU's que não obtiveram Eficiência Plena, para o mês de agosto de 2020.

Não obstante a Tabela 1 apresentar o ranking das DMU's mais e menos eficientes para o período sob análise, optou-se por criar uma classificação de eficiência baseado na adaptação proposta no trabalho de Kazmirczak, Ferreira e Ribeiro (2019), evidenciado na Tabela 2.

Depreende-se a existência de três estados brasileiros que apresentam Eficiência Plena, ou seja, eficiência igual a 100%, são eles: Acre, Amazonas e Roraima, todos situados na Região Norte do país, destacando-se como *benchmarking* para as demais DMU's ineficientes.

Observa-se, ainda, que um dos estados possui desempenho muito bom, classificado como Eficiência Forte, é o estado do Amapá que apresentou eficiência de 81,93%.

Nenhuma DMU apresentou Eficiência Moderada. Vinte e três DMU's apresentaram Eficiência Fraca, ou seja, com índice de desempenho inferior a 60%, são elas, em ordem decrescente de eficiência: Rondônia, Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Ceará, Tocantins, Piauí, Espírito Santo, Pernambuco, Maranhão, Distrito Federal, Rio de Janeiro, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina e São Paulo.

Tabela 1: Desempenho das unidades federativas brasileiras nas Fase I e II da análise

DMU	Unidade Federativa	Eficiência	Alvo	Eficiência	Alvo
		Fase I	Fase I	Fase II	Fase I
DMU1	Acre	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%
DMU2	Alagoas	26,32%	4,40%	26,32%	25,31%
DMU3	Amapá	81,93%	0,00%	81,93%	84,37%
DMU4	Amazonas	100,00%	0,00%	100,00%	21,26%
DMU5	Bahia	5,54%	1,91%	5,54%	4,19%
DMU6	Ceará	19,56%	0,00%	19,56%	10,93%
DMU7	Distrito Federal	15,58%	0,00%	15,58%	7,70%
DMU8	Espírito Santo	17,96%	6,78%	17,96%	13,21%
DMU9	Goiás	7,78%	8,14%	7,78%	5,63%
DMU10	Maranhão	16,22%	4,37%	16,22%	18,71%
DMU11	Mato Grosso	19,79%	0,00%	19,79%	8,69%
DMU12	Mato Grosso do Sul	20,92%	5,71%	20,92%	16,67%
DMU13	Minas Gerais	5,61%	5,00%	5,61%	3,16%
DMU14	Pará	11,19%	3,30%	11,19%	19,38%
DMU15	Paraíba	21,85%	3,04%	21,85%	12,68%
DMU16	Paraná	9,00%	6,96%	9,00%	5,91%
DMU17	Pernambuco	16,45%	2,20%	16,45%	7,82%
DMU18	Piauí	19,37%	0,58%	19,37%	16,33%
DMU19	Rio de Janeiro	12,00%	0,00%	12,00%	3,13%
DMU20	Rio Grande do Norte	44,32%	4,63%	44,32%	16,91%
DMU21	Rio Grande do Sul	8,49%	1,33%	8,49%	5,20%
DMU22	Rondônia	56,84%	0,00%	56,84%	29,35%
DMU23	Roraima	100,00%	0,00%	100,00%	98,78%
DMU24	Santa Catarina	5,36%	3,72%	5,36%	6,99%
DMU25	São Paulo	1,92%	3,77%	1,92%	1,15%
DMU26	Sergipe	36,35%	5,26%	36,35%	19,15%
DMU27	Tocantins	19,41%	10,76%	19,41%	27,74%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Tabela 2: Classificação quanto a eficiência na Fase I da análise

Níveis de Eficiência	Fase I		Fase II	
	Nº de DMU's	%	Nº de DMU's	%
Eficiência Plena ($E = 1$) 100%	3	11,11%	1	3,70%
Eficiência Forte ($0.8 \leq E < 1$)	1	3,70%	2	7,41%
Eficiência Moderada ($0.6 \leq E < 0.8$)	0	0,00%	0	0,00%
Eficiência Fraca ($E \leq 0,6$)	23		24	
	89,19%		88,89%	
TOTAIS	27	100,00%	27	100,00%

Fonte: Dados da Pesquisa 2020

Cabe ressaltar, ainda, que das DMU's que apresentaram Eficiência Fraca, 89,19% do total, atenção especial deve ser dada para os estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás, Minas Gerais, Bahia e São Paulo, que apontaram desempenho inferior a 10%. Destaca-se o fato de todos os estados da Região Sul do Brasil apresentarem um desempenho ruim, com eficiência da ordem de 9,00%, 5,49% e 5,36% respectivamente.

São Paulo foi a DMU que apresentou o pior resultado no controle da propagação da epidemia de Covid-19, ressaltando-se que foi o 16º estado no ranking de Isolamento Social e 3º em Densidade Demográfica.

Após a verificação e estudo dos indicadores de eficiência procedeu-se a análise de *benchmarking*, onde a necessidade de melhoria de cada DMU ineficiente é verificada, tendo-se por alvo as DMU's que apresentaram Eficiência Plena. O estudo leva em conta os valores ideais e o percentual de aumento dos *inputs*.

Para uma unidade federativa brasileira tornar-se eficiente, ou seja, com índice de eficiência igual a 100%, foram obtidos para cada DMU os valores ideais e o percentual de melhoria, que redundam no aumento do Isolamento Social e, ou, redução da Densidade Demográfica, que entende-se não ser possível uma modificação a curto prazo. Cabe destacar que as DMU's com Eficiência Plena não apresentam necessidade de melhoria.

O estado do Amapá, que apresentou Eficiência Forte necessita de pequena alteração em seu índice de Isolamento Social para atingir resultado semelhante a seu *benchmark*, o estado do Acre. Ressalta-se que a DMU Acre é aquela que se apresentou mais vezes como referência para as demais.

As DMU's que exibiram Eficiência Fraca têm como alvo, em média, um aumento de 4,25% em seu índice de Isolamento Social. Algumas DMU's obtiveram como pesos para a variável IIS o valor 0 (zero), e desta forma a variável de entrada a ser modificada é DM. Como a variável de *input* DM não pode ser alterada em curto prazo entende-se que as DMU's que apresentaram esta condição, quais sejam as unidades federativas Amapá, Ceará, Distrito Federal, Mato Grosso, Rio de Janeiro e Rondônia, devem aumentar o IIS.

4.2 Análise e discussão dos resultados da Fase II

O Modelo Empírico 2 se caracterizou pela modelagem de variáveis que compuseram o modelo BCC-DEA cuja finalidade é medir o desempenho DMU's na mitigação de óbitos causados pela epidemia de Covid-19. Os dados estão apresentados na Tabela 1.

Conforme apresentado na Tabela 2 existe apenas uma DMU com Eficiência Plena, o estado do Acre, desta forma este estado possui índice de desempenho de 100% nas Fases I e II do estudo, ou seja, foi eficiente no controle da propagação da Covid19 e na mitigação do número de óbitos. Ressalta-se, ainda, que dois estados possuem desempenho classificado como Eficiência Forte; os estados de Roraima e Amapá, com desempenho de, respectivamente, 98,78% e 84,37%.

Vale ressaltar que não há nenhuma DMU Eficiência Moderada. Vinte e quatro DMU's apresentaram Eficiência Fraca, ou seja, com índice de desempenho inferior a 60%, são eles, em ordem decrescente de eficiência: Rondônia, Tocantins, Alagoas, Amazonas, Pará, Sergipe, Maranhão, Rio Grande do Norte, Mato Grosso do Sul, Piauí, Espírito Santo, Paraíba, Ceará, Mato Grosso, Pernambuco, Distrito Federal, Santa Catarina, Paraná, Goiás, Rio Grande do Sul, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo.

Das DMU's que exibiram Eficiência Fraca, 88,89% do total, atenção especial deve ser dada para Mato Grosso, Pernambuco, Distrito Federal, Santa Catarina, Paraná, Goiás, Rio Grande do Sul, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, com desempenho inferior a 10%. Destaca-se o fato de todos os estados da Região Sul do Brasil apresentarem um desempenho ruim, tanto na Fase I como na Fase II da pesquisa, ou seja, estes estados exibiram baixa eficiência no controle da propagação da epidemia de Covid-19 e na redução do número de óbitos motivados pela doença.

Chama a atenção os estados do Amazonas que na Fase I da pesquisa apresentou eficiência de 100%, porém na Fase II apenas 21,26%. Depreende-se que este estado foi eficiente no controle da propagação da doença, mas não obteve o mesmo sucesso na redução do número de óbitos por Covid-19.

Já o estado de São Paulo foi a unidade federativa brasileira que apresentou o pior resultado no controle do número de óbitos por Covid-19 dentre as 27 unidades federativas. Como informado obteve resultado semelhante a Fase I, ou seja, este estado foi a DMU mais ineficiente no controle da propagação da epidemia e na mitigação do número de óbitos.

As DMU's que exibiram Eficiência Fraca têm como alvo, em média, um aumento de 7,32% em seu resultado na Fase II. Algumas DMU's obtiveram como pesos para a variável OMI o valor 0 (zero), e desta forma a variável de entrada a ser modificada é NO. Não obstante, depreende-se que as DMU's que apresentaram esta condição devem reduzir o número de óbitos por meio de ações diversas, e não apenas às relacionadas ao aumento da

eficiência no controle da propagação da Covid-19.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo medir a eficiência dos estados brasileiros e Distrito Federal no controle da propagação da epidemia de Covid-19, bem como na prevenção dos óbitos. Qual seja, a estimação do desempenho (eficiência) das unidades federativas brasileiras no controle da propagação da epidemia de Covid-19, bem como na prevenção dos óbitos.

A pesquisa propôs, por meio das variáveis Índice de Isolamento Social e Demografia, na Fase I, e *Output* do Modelo I, na Fase II, a medição da eficiência das unidades federativas brasileiras no controle do número de novos casos e na redução do número de óbito. Após a definição dos *inputs* e *outputs* analisaram o desempenho das 27 unidades federativas brasileiras.

Verificou-se que alguns estados (Acre, Amazonas e Roraima) foram os mais eficientes, com score de 100%, no controle da propagação da doença. Os resultados deste estudo podem contribuir para o balizamento de ações de melhoria na redução do número de novos casos pelas DMU's ineficientes, levando-se em consideração os *benchmarks*, sem exaurir, por óbvio, o tema, haja vista inúmeras outras variáveis devam ser consideradas.

Apenas o estado do Acre foi o mais eficiente, com score de 100%, na mitigação do número de óbitos por Covid-19, sendo, desta forma o único estado da federação brasileira a ter Eficiência Plena nas fases I e II da pesquisa. Assim, os resultados da pesquisa podem contribuir para a análise do efeito da contenção da propagação da doença no número de óbitos.

Destaca-se como limitação do estudo a delimitada quantidade de indicadores utilizados na pesquisa, haja vista a DEA apresentar restrições à quantidade de entradas e saída a ser utilizada na análise. Quando esta quantidade é muito elevada a técnica de análise posiciona todas as DMU's na fronteira envoltória, discriminando de maneira pobre, o desempenho das unidades tomadoras de decisão.

Com relação a possíveis pesquisas futuras sugere-se a replicação dos modelos utilizados em outros intervalos de tempo para comparação e confronto dos resultados, bem como a utilização de outras variáveis relacionadas a medição do desempenho no contexto da epidemia de Covid-19. Há também a possibilidade de replicação da pesquisa para outros países.

REFERÊNCIAS

- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, 30, 1984// 1984.
- BARRETO, M. L.; BARROS, A. J. D. de.; CARVALHO, M. S.; CODEÇO, C. T.; HALLAL, P. R. C.; MEDRONHO, R. A.; STRUCHINER, C. J.; VICTORA, C. G.; WERNECK, G. L. O que é urgente e necessário para subsidiar as políticas de enfrentamento da pandemia de COVID-19 no Brasil? . **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 23, p. 1-4, 2020.
- BEZERRA, A. C. V.; SILVA, C. E. M.; SOARES, F. R. G.; SILVA, J. A. M. Fatores associados ao comportamento da população durante o isolamento social na pandemia de COVID-19. **Ciência Saúde Coletiva**, 1, 25, p. 2411-2421, 2020.
- BREITENBACH, M. C.; NGOBENI, V.; AYE, G. Efficiency of Healthcare Systems in the first wave of COVID-19-a technical efficiency analysis. 2020.
- CASTRO, B. L. G.; OLIVEIRA, J. B. B.; MORAIS, L. Q.; GAI, M. J. P. COVID-19 e organizações: estratégias de enfrentamento para redução de impactos. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, 20, n. 3, p. 1059-1063, 2020.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- DIAS JR., C. Medindo o apoio e o comportamento no isolamento social em tempos de COVID-19 no Brasil. **Comunicação em Ciências da Saúde**, 31, n. 1, p. 121-130, 2020.
- DOGRA, A.; GOYAL, B.; SHARMA, A. M. Corona virus: A novel outbreak. **Biomedical Pharmacology Journal**, 13, n. 1, p. 05-10, 2020.
- DUAN, T.; JIANG, H.; DENG, X.; ZHANG, Q.; WANG, F. Government Intervention, Risk Perception, and the Adoption of Protective Action Recommendations: Evidence from the COVID-19 Prevention and Control Experience of China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17, n. 10, p. 1-17, 2020.
- FARIAS, H. S. O avanço da Covid-19 e o isolamento social como estratégia para redução da vulnerabilidade. **Espaço e Economia**, 1, n. 17, p. 1-12, 2020.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de Serviços : Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação**. 7 ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- GARCIA, L. P.; DUARTE, E. Intervenções não farmacológicas para o enfrentamento à epidemia da COVID-19 no Brasil **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 29, n. 2, p. 1-4, 2020.
- GHASEMI, A.; BOROUMAND, Y.; SHIRAZI, M. How do governments perform in facing COVID-19? **Munich Personal RePEc Archive**, p. 1-36, 2020.

JAIN, N.; CHOUDHURY, A.; SHARMA, J.; KUMAR, V.; DE, D.; TIWARI, R. A review of novel coronavirus infection (Coronavirus Disease-19). **Global Journal of Transfusion Medicine**, 5, n. 1, p. 22-26, 2020.

JARDEL KAZMIRCZAK, G.; MINATTI FERREIRA, D. D.; MUSSOI RIBEIRO, A. Benchmark Universitário:(In) Eficiência dos Gastos Públicos com Diárias e Passagens das Universidades Federais Brasileiras. **Revista FSA**, 16, n. 5, 2019.

JOHNS_HOPKINS_UNIVERSITY. **COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University**. 2020. Disponível em: <<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>>. Acesso em: 21/08/2020.

KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 318 f. -, Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEIVA, G. d. C.; DOS REIS, D. S.; ORRICO FILHO, R. D. Estrutura urbana e mobilidade populacional: implicações para o distanciamento social e disseminação da Covid-19. **Revista Brasileira De Estudos De População**, 37, p. 1-22, 2020.

LIMA, D. L. F.; DIAS, A. A.; RABELO, R. S.; CRUZ, I. D.; COSTA, S. C.; NIGRI, F. M. N.; NERI, J. R. COVID-19 no estado do Ceará, Brasil: comportamentos e crenças na chegada da pandemia. **Ciência Saúde Coletiva**, 25, n. 5, p. 1575-1586, 2020.

MARIANO, E. B. **Crescimento econômico e desenvolvimento humano: uma análise mundial da eficiência social de Estados-nação**. 2012. 277 f. -, Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, SP.

MORAES, R. F. **Boletim Técnico nº 23 de Julho de 2020. A Covid-19 e as medidas legais de distanciamento dos governos estaduais: análise comparativa do período de março a julho de 2020**. Dinte-IPEA, 2020a. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10153>>. Acesso em: 01 de agosto de 2020.

MORAES, R. F. **Nota Técnica nº 22 de Junho de 2020. 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)**. Dinte-IPEA, 2020b. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10073>>. Acesso em: 02 de Agosto de 2020.

MOREIRA, L. S.; FERREIRA, W. L. Cálculo de eficiência na alocação de mão de obra em estações ferroviárias da malha do Rio de Janeiro por meio da análise envoltória de dados (DEA). **TRANSPORTES**, 27, n. 4, p. 24-35, 2019.

OLIVEIRA, J. A. J. **Eficiência dos gastos públicos com ensino superior nas universidades federais brasileiras: uma aplicação da análise envoltória de dados**. 2019. 126 f. -, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas, Limeira, SP.

PEREIRA, M. D.; DE OLIVEIRA, L. C.; COSTA, C. F. T.; BEZERRA, C. M. de O.;

PEREIRA, M. D.; DOS SANTOS, C. K. A.; DANTAS, E. H. M. A pandemia de COVID-19, o isolamento social, consequências na saúde mental e estratégias de enfrentamento: uma revisão integrativa. **Research, Society Development**, 9, n. 7, p. 1-35, 2020.

PIRES, R. R. C. **Nota Técnica nº 33 de abril de 2020. Os Efeitos sobre grupos sociais e territórios vulnerabilizados das medidas de enfrentamento à crise sanitária da Covid-19: propostas para o aperfeiçoamento da ação pública.** Diest-IPEA, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9839/1/NT_33_Diest_Os%20Efeitos%20Sobre%20Grupos%20Sociais%20e%20Territ%20c3%b3rios%20Vulnerabilizados.pdf>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

ROCKLÖV, J.; SJÖDIN, H. High population densities catalyse the spread of COVID-19. **Journal of Travel Medicine**, 27, n. 3, 2020.

SCHUCHMANN, A. Z.; SCHNORRENBERGER, B. L.; CHIQUETTI, M. E.; GAIKI, R. S.; RAIMANN, B. W.; MAEYAMA, M. A. Isolamento social vertical X Isolamento social horizontal: os dilemas sanitários e sociais no enfrentamento da pandemia de COVID-19. **Brazilian Journal of Health Review**, 3, n. 2, p. 3556-3576, 2020.

SHIROUYEZAD, H.; KHODADADI-KARIMVAND, M.; JOZDANI, J. An Analysis of the COVID-19 Contagion Growth in European Countries. **Iranian Journal of Optimization**, 12, n. 1, p. 10-18, 2020.

SINGHAL, T. A review of coronavirus disease-2019 (COVID-19). **The Indian Journal of Pediatrics**, 87, n. 4, p. 281-286, 2020.

SOHRABI, C.; ALSAFI, Z.; O'NEILL, N.; KHAN, M.; KERWAN, A.; AL-JABIR, A.; LOSIFIDIS, C.; AGHA, R.. World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). **International Journal of Surgery**, 76, n. 3, p. 71-76, 2020.

SUSANALÍTICO. **Covid-19 no Brasil.** 2020. Disponível em: <https://susanalitico.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html>. Acesso em: 28 de agosto de 2020.

WHO. World Health Organization. **Pneumonia of unknown cause – China.** 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unkown-cause-china/en/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2020.