AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA PANDEMIA NA EFICIÊNCIA DOS AEROPORTOS BRASILEIROS: APLICAÇÃO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E REGRESSÃO TOBIT

Lucas Tavares de Barros Mendes[1], Viviane Adriano Falcão[1],
Hélio da Silva Queiroz Júnior[1], Francisco Gildemir Ferreira da Silva[2]
[1]Federal University of Pernambuco, [2]Federal University of Ceará

*** Corresponding author e-mail address**:helio.junior@ufpe.br

PAPER ID: SIT127

RESUMO

O crescente volume de pessoas que utilizam o transporte aéreo no Brasil e no mundo levanta pontos importantes e preocupações com o impacto da crescente adoção desse meio de transporte. Uma questão fundamental relacionada a esse modal é a relação entre o transporte aéreo e a disseminação de doenças em geral. Com a pandemia Covid-19, governos e aeroportos de todo o mundo implementaram medidas que restringem as operações aeroportuárias, com o objetivo de mitigar esse potencial de divulgação, resultando em impactos negativos nos resultados operacionais desses aeroportos. Por isso, o objetivo desta pesquisa visa analisar o impacto gerado pela pandemia Covid-19 sobre a eficiência operacional dos principais aeroportos brasileiros. Data Envelopment Analysis (DEA) foi utilizada como metodologia, em dois cenários definidos a partir dos clássicos modelos DEA BCC e CCR, a fim de estabelecer o ranking. Os dados foram utilizados de 2010 a 2020. Os resultados mostraram que não houve redução significativa nos valores de eficiência desses aeroportos, devido à pandemia Covid-19. Os modelos obtidos com regressão do tobit demonstraram influência positiva do PIB per capita nos escores de eficiência aeroportuária e expressaram a insignificância estatística da influência da privatização sob esses valores. Portanto, apesar da falta de evidências sobre o impacto direto da pandemia sobre os valores relativos de eficiência dos aeroportos brasileiros estudados período pandemia indicam uma redução considerável na movimentação de passageiros, indicando a necessidade de estudos posteriores, a fim de complementar a análise e a medição desses impactos negativos.

Palavras-chave: Transporte Aéreo, COVID-19, Eficiência.

.

1. INTRODUÇÃO

A grande movimentação internacional de passageiros envolvendo transporte aéreo, em todo o mundo, propiciada pela expansão do volume de passageiros e de destinos, principalmente nos hubs de transporte aéreo, em situação de pandemia, pode representar pontos críticos para o contingenciamento ou a disseminação da transmissão de vírus respiratórios.

A combinação da quantidade crescente de passageiros, motivada pelas facilidades do transporte aéreo, com o risco de disseminação de epidemias, tem sido motivo de preocupação de autoridades de saúde pública em todo o mundo.

Em janeiro de 2020 o novo coronavírus, ou COVID-19, é considerado emergência de saúde pública de importância internacional pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2021), trouxe consigo, então, um conjunto de medidas e regimentos a serem cumpridos pelas empresas e operadores relacionados ao transporte aéreo. No Brasil, não foi diferente, a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC lançou, uma cartilha contendo um conjunto de recomendações e medidas a serem adotadas e seguidas pelos envolvidos com operação aeroportuária (ANAC, 2020).

O conjunto de eventos e fatores ocorridos no período, como as restrições impostas pela OMS e governos na operação aeroportuária e nas dinâmicas sociais em geral (como *lockdowns*), bem como o comportamento das companhias aéreas e até mesmo dos passageiros diante dessa pandemia global, impactaram diretamente o balanço e funcionamento destes aeroportos, levando à tona a importância de se avaliar esse impacto também a nível de eficiência dos terminais, em suas distintas condições operacionais e formatos de gestão administrativa.

Diante desse contexto, entender como e se foram afetados o desempenho dos aeroportos brasileiros se torna primordial. A avaliação de desempenho das empresas em geral pode ser realizada por meio de diferentes métricas e métodos, nesse estudo, optou-se por utilizar a Análise Envoltória de Dados, ou seja, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência o dos aeroportos brasileiros entre 2010 e 2020, bem como os fatores que influenciaram essa eficiência, considerando aspectos como período da pandemia e as concessões aeroportuárias.

2. O SETOR DO TRANSPORTE AÉREO NO BRASIL

De acordo com a Secretaria de Aviação Civil, do Ministério de Infraestrutura do Governo Federal brasileiro, no ano de 2019, houve uma movimentação anual de cerca de 218 milhões de passageiros, representando um aumento de mais de 193% em 15 anos. Em relação aos aeródromos brasileiros, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (2022), o Brasil possui 2756 aeródromos em operação, sendo destes 2217 privados e 533 públicos, figurando como 2º país com maior quantidade de aeródromos no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (CIA, 2022).

2.1. Concessões aeroportuárias no Brasil

Como parte das políticas liberais implementadas pelo governo brasileiro desde 2001, pontuado por Marazzo et al (2010) como um dos fenômenos de influência do desenvolvimento do setor aeroportuário no Brasil, há a implementação de privatizações de diversos setores e empresas nacionais. Privatizar é a ação de transferência de algo estatal para o domínio da iniciativa privada, e no setor de aviação brasileira, foi posta em prática através de concessões de aeroportos públicos a empresas privadas de todo o mundo, como alternativa à responsabilidade exclusiva de gestão pública destes aeródromos à INFRAERO.

Segundo Resende (2017), o programa de privatização de aeroportos brasileiro teve início em 2011, com o leilão do Aeroporto Internacional de São Gonçalo do Amarante, no Rio Grande do Norte; o leilão fora feito em forma de teste, e se destacou por tratar-se de concessão em projeto *greenfield* – um novo aeroporto deveria ser inteiramente construído pela empresa vencedora do leilão. Desde então, ocorreram 5 rodadas de concessão de aeroportos brasileiros, resultando em um total de 23 aeroportos cedidos à gestão privada, dentre eles os aeroportos com maiores demandas de utilização; em adição, está em andamento a 6ª rodada de concessão, que compreende a cessão de 22 aeroportos, e uma 7ª rodada, composta por 16 aeroportos, já está na

etapa chamamento público de estudos (ANAC, 2022).

No caso de aeroportos brasileiros, políticas de concessão resultam em uma deterioração nos indicadores de performance gerencial da INFRAERO, não havendo sinais de que a situação será revertida (FALCÃO et al, 2021); a localização e tipo de operação dos aeroportos mostra ser muito mais determinante na influência de seus índices operacionais, estando os índices de eficiência dos aeroportos regionais muito abaixo dos índices dos aeroportos das capitais, por exemplo. Toledo et al (2021) realizou um estudo baseado na aplicação de uma metodologia SBM-DEA e uma regressão tobit para verificação da influência ou não da privatização na eficiência de 28 aeroportos brasileiros, chegando à conclusão de que as primeiras privatizações de aeroportos brasileiros não são estatisticamente relevantes para a melhoria de sua eficiência, e alguns aeroportos privatizados ainda são ineficientes nesse aspecto.

2.2. Covid-19 e os aeroportos brasileiros

Nakamura & Managi (2020) desenvolveram um estudo com base em diversos artigos relacionados ao papel do transporte aéreo na disseminação do coronavírus, com o objetivo de calcular o risco relativo de importação e exportação do vírus através de aviação civil; como resultado, todos os países considerados no estudo estavam sujeitos a esse risco, potencialmente contribuindo com a disseminação da doença. O impacto da pandemia no mercado aéreo brasileiro em 2020 foi enorme: em comparação com 2019, houve uma redução de mais de 50% (ANAC, 2021).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto como um todo foi desenvolvido em 5 etapas, desenvolvidas em série e/ou em paralelo e de forma a estruturar sequencialmente o estudo em questão. As etapas em questão são: Escolha do tema, revisão de literatura, metodologia do estudo em si (definição dos aeroportos, composição do banco de dados, aplicação de DEA e aplicação do tobit), análise de resultados e conclusão.

A escolha do tema foi a primeira etapa do projeto em si, sendo determinante para a definição de todo o escopo do projeto, objetivos, justificativa, metodologia etc. Em seguida, foi realizada uma revisão da literatura baseado no tema escolhido, sendo composta pela leitura e análise de literatura a respeito de transporte aéreo e aeroportos em si, incluindo a importância do setor no Brasil, informações sobre as concessões dos aeroportos brasileiros e o impacto da Covid-19 no setor; estudos sobre a eficiência de aeroportos e a Análise Envoltória de Dados; e a respeito de tobit e regressões em duas etapas. Essa revisão, presente no capítulo 2 deste trabalho, foi fundamental para criação de sólida base teórica, necessária para condução de todas as demais fases do projeto.

Neste capítulo 3, serão apresentados os aeroportos selecionados para análise, a caracterização do banco de dados e variáveis escolhidas para cada aeroporto, e as etapas e procedimentos referentes às duas metodologias que serão utilizadas neste projeto, de forma combinada: Análise Envoltória de Dados (DEA) e Regressão Tobit. As variáveis escolhidas, para ambas as etapas, foram selecionadas de modo a compor devida caracterização dos aeroportos, bem como permitir a aplicação das metodologias descritas em cada etapa, de forma devida. O detalhamento da metodologia é composto pela descrição dos métodos e ferramentas utilizados nas etapas do trabalho.

Com a metodologia aplicada ao banco de dados, o decorrer do projeto é direcionado à análise e interpretação dos resultados obtidos. Esta análise estará presente no capítulo 4 abaixo, seguido do capítulo 5, onde serão expressas as conclusões e considerações finais a respeito do estudo como um todo.

3.1. Análise Envoltória de Dados – DEA e o Tobit

Uma metodologia vastamente difundida na literatura global é a aplicação de Análise Envoltória de Dados, ou DEA (*Data Envelopment Analysis*) em aeroportos (Cavaignac e Petiot, 2017). DEA é uma metodologia não-paramétrica utilizada para análise da eficiência de uma Unidade Tomadora de Decisões, ou DMU (*Decision-Making Unit*) na conversão de determinados de insumos (inputs) em produtos (outputs) (Toledo et al, 2021).

Nesse estudo foram considerados os dois modelos clássicos do DEA, o CCR, desenvolvido

por Charnes et al (1978) que considera retornos de escala constantes (*constant returns to scale* – CRS) e o BCC, desenvolvido por Banker et al (1984) para que pudessem ser considerados retornos de escala variáveis (*variable returns to scale* – VRS).

A regressão tobit foi utilizada por Toledo et al (2021) que aplicou em conjunto com o SBM-DEA, o objetivo foi verificar quais os fatores externos ao controle do operado poderiam influenciar a Eficiência.

3.2. Composição do banco de dados

Para a primeira etapa da metodologia deste trabalho, foram utilizados dados temporais anuais, de 2010 a 2020, para que a metodologia possa contemplar aspectos comparativos dos aeroportos em situação pré-pandemia, de 2010 a 2019, e em situação de pandemia, no ano de 2020, levando em consideração a pandemia mundial do Covid-19, que impactou diretamente o mercado aeroportuário global, no ano de 2020. Para a segunda etapa, foram selecionados dados referentes aos anos de análise, de fora a compor análise em Painel de Dados dos aeroportos brasileiros, para cada um dos anos da análise.

Os aeroportos escolhidos foram o Aeroporto de Guarulhos (SBGR), Aeroporto de Congonhas (SBSP), Aeroporto de Brasília (SBBR), Aeroporto do Rio de Janeiro / Galeão (SBGL), Aeroporto de Confins (SBCF), Aeroporto de Campinas (SBKP), Aeroporto de Recife (SBRF), Aeroporto de Porto Alegre (SBPA), Aeroporto de Salvador (SBSV), Aeroporto de Fortaleza (SBFZ), Aeroporto de Curitiba (SBCT), Aeroporto de Florianópolis (SBFL), Aeroporto de Belém (SBBE), Aeroporto de Manaus (SBEG), Aeroporto de Maceió (SBMO), Aeroporto de São Luís (SBSL) e Aeroporto de Campo Grande (SBCG).

A partir da revisão de literatura, foram escolhidas as variáveis a compor o banco de dados do trabalho, para ambas as etapas da metodologia. Para a primeira etapa, foram selecionadas as seguintes variáveis, com dados coletados em recortes anuais, de 2010 a 2020: oferta em ASK (*Available Seat-Kilometers*, ou Assentos-Quilômetros Disponíveis), área do terminal de passageiros (TPS), Comprimento total de pistas de decolagem/pouso, movimentação anual de passageiros (PAX) e número de decolagens no ano. A relação entre as quantidades de DMUs e soma de inputs e outputs do modelo seguem os requisitos recomendados por Banker et al (1989): quantidade de aeroportos analisados no modelo, 17, é superior a três vezes a quantidade de inputs e outputs considerados, que somam 5.

Para a segunda etapa, para devida composição do Painel de Dados referentes aos anos de análise de forma complementar metodologia aplicada na primeira etapa, foram escolhidas as variáveis score de eficiência dos aeroportos, de acordo com os resultados obtidos na primeira etapa, quantidade de casos de Covid19, PIB per-capita, área do terminal de passageiros (TPS), comprimento total de pistas de decolagem/pouso, movimentação anual de passageiros (PAX), dummy para representação de ocorrência da pandemia do Covid-19 no ano e dummy para representar se o aeroporto se encontrava privatizado no ano, pós processo de concessão.

Tabela 1: Formato do banco de dados e variáveis utilizadas em cada etapa da metodologia

Etapa do Trabalho	***Formato do Banco de Dados***	***Variáveis***
Etapa 1: Análise Envoltória de Dados (DEA)	Dados em Recortes Anuais	Oferta em ASK (*ANAC*) Área do terminal de passageiros (*ANAC / INFRAERO / administração dos aeroportos*) Comprimento total de pistas (*SAC*) Movimentação de passageiros (*ANAC*) Número de decolagens (*ANAC*)
Etapa 2: Regressão Tobit	Painel de Dados	Eficiência Casos de COVID-19 (MS) PIB per-capita (*IBGE*) Área do terminal de passageiros (*SAC / INFRAERO / administração dos aeroportos*) Comprimento total de pistas (*SAC*) Movimentação de passageiros (*ANAC*) Dummy "pandemia" (*MS*) Dummy "concessões" (*ANAC*)

3.1. Modelagem em duas etapas

Considerando a composição do banco de dados dos aeroportos selecionados, a primeira etapa a ser desenvolvida consiste na aplicação de DEA para os dados de inputs e outputs listados acima, aplicados nos modelos em cortes transversais anuais. Com esses dados, serão desenvolvidas modelagens de DEA-CCR orientado a inputs, DEA-CCR orientado a outputs, DEA-BCC orientado a *inputs* e DEA-CCR orientado a *outputs*, de forma que os resultados possam ser comparados entre si. As

modelagens foram realizadas com a utilização do *software MaxDEA 8 Basic*.

Tabela 2: Dados utilizados nos DEA's modelados, como inputs e outputs.

inputs	*outputs*
Oferta em ASK (*ANAC*) Área do terminal de passageiros (*ANAC / INFRAERO / administração dos aeroportos*) Comprimento total de pistas (*SAC*)	Movimentação de passageiros (*ANAC*) Número de decolagens (*ANAC*)

Para a segunda etapa da metodologia proposta, foram utilizados os valores de eficiência obtidos no DEA-BCC orientado a outputs da primeira etapa como variáveis dependentes dos modelos de regressão tobit desenvolvidos, vez que os resultados do modelo são obtidos considerando retornos de escala variáveis, e com isso um comportamento mais próximo da realidade do mercado aeroportuário em geral. Foram desenvolvidos, nesta fase, 3 modelos de regressão *tobit*, considerando combinações distintas de variáveis livres: (1) utilização das *dummies* "concessões" e "pandemia", sem utilizar dados de quantidade de casos de Covid-19; (2) utilização da *dummy* "concessões" e dos dados de quantidade de casos de Covid-19, sem utilizar a *dummy* "pandemia"; e (3) utilizar os dados de quantidade de casos de Covid-19, sem utilizar nenhuma das *dummies*.

$$DEA = \alpha + \beta_1 * PIBPERCAPTA + \beta_2 * AERADOTPS + \beta_3 * COMPPISTA + \beta_4 * PAX + \beta_5 * CONCESSAODUMMY + \beta_6 * PANDEMIADUMMY \quad (1)$$

$$DEA = \alpha + \beta_1 * CASOS + \beta_2 * PIBPERCAPTA + \beta_3 * AERADOTPS + \beta_4 * COMPPISTA + \beta_5 * PAX + \beta_6 * CONCESSAODUMMY \quad (2)$$

$$DEA = \alpha + \beta_1 * CASOS + \beta_2 * PIBPERCAPTA + \beta_3 * AERADOTPS + \beta_4 * COMPPISTA + \beta_5 * PAX \quad (3)$$

Os dados de PIB per capita, área do terminal de passageiros (TPS), comprimento de pista e movimentação anual de passageiros (PAX) foram utilizados em todos os modelos de regressão tobit desenvolvidos. Os modelos distintos desta segunda etapa permitiram uma análise mais ampla dos resultados, sendo todos eles realizados através do software GRETL, que permite obtenção dos resultados necessários para as diversas análises a serem feitas sobre os modelos tobit.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DEA

A aplicação de modelos DEA-BCC orientados a outputs fornecem informações e características relevantes a respeito dos aeroportos (DMU's). Os resultados do modelo DEA-BCC orientado a output seguem apresentados na Tabela 3. Em geral, é possível identificar que, dentre os DMU's considerados, os aeroportos que participaram de rodadas de concessões ocorridas à mais tempo (Guarulhos/SP, Brasília/DF e Campinas/SP, na segunda rodada; e Galeão/RJ e Confins/MG, na terceira rodada), sem considerar o aeroporto de Guarulhos/SP, apresentaram uma redução em seus valores de eficiência nos anos seguintes à concessão; em contrapartida, os aeroportos que participaram de rodadas de concessão mais recentes (Porto Alegre/RS, Salvador/BA, Fortaleza/CE e Florianópolis/SC, quarta rodada de concessão; e Recife/PE e Maceió/AL, quinta rodada de concessão), apresentaram um comportamento mais contínuo da eficiência constatada nos anos pós concessão, indicando uma evolução e "amadurecimento" da ANAC e do Governo Federal brasileiro, com o passar dos anos e das consecutivas rodadas de concessão, na estruturação de acordos e contratos que afetem menos e contribuam mais com a eficiência operacional destes aeroportos concedidos.

Tabela 3: Resultados de scores de eficiência para os aeroportos, obtidos pelo DEA-BCC orientado a outputs, de 2010 a 2020, com resultados anuais destacados para aeroportos concedidos.

DMU's		*DEA-BCC Orientado a Outputs, Períodos em Concessão – SCORES*										
AEROPORTOS		**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Guarulhos/SP	**SBGR**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Congonhas/SP	**SBSP**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Brasília/DF	**SBBR**	0,95	1,00	1,00	1,00	0,91	0,90	0,79	0,73	0,74	0,68	0,97
Galeão/RJ	**SBGL**	0,68	0,71	0,75	0,72	0,70	0,68	0,65	0,64	0,59	0,54	0,54
Confins/MG	**SBCF**	0,61	0,67	0,76	0,70	0,68	0,68	0,85	0,85	0,79	0,91	0,99
Campinas/SP	**SBKP**	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85	0,77	0,72	0,70	0,86	1,00
Recife/PE	**SBRF**	0,49	0,52	0,49	0,47	0,46	0,46	0,43	0,46	0,50	0,65	1,00
Porto Alegre/RS	**SBPA**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Salvador/BA	**SBSV**	0,54	0,62	0,62	0,57	0,56	0,48	0,48	0,50	0,47	0,43	0,53
Fortaleza/CE	**SBFZ**	0,88	0,84	0,87	0,88	0,80	0,82	0,74	0,71	0,78	0,61	0,71
Curitiba/PR	**SBCT**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Florianópolis/SC	**SBFL**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,96
Belém/PA	**SBBE**	0,54	0,55	0,61	0,61	0,60	0,56	0,52	0,50	0,44	0,47	0,66
Manaus/AM	**SBEG**	0,49	0,53	0,54	0,55	0,52	0,47	0,49	0,48	0,48	0,53	0,57
Maceió/AL	**SBMO**	0,81	0,80	0,72	0,57	0,58	0,61	0,58	0,55	0,54	0,58	0,69
São Luís/MA	**SBSL**	0,67	0,65	0,65	0,50	0,53	0,60	0,52	0,59	0,52	0,57	0,73
Campo Grande/MS	**SBCG**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Por fim, analisando os resultados obtidos no ano de 2020, onde a pandemia do Covid-19 foi decretada em todo o mundo e afetou diretamente o mercado de aviação global, não foram identificados grandes desfalques ou mudanças na eficiência dos DMU's, seja analisando apenas o ano de 2020 ou analisando o comportamento destas eficiências ao longo dos anos anteriores em comparação ao 2020. Isso se deu devido à uma tendência de "ajuste" na infraestrutura instaurada pelos aeroportos no ano de pandemia, que tendeu a "balancear" os resultados (outputs) significativamente reduzidos no ano. O aeroporto de Confins/MG, por exemplo, reduziu o porte de sua operação de terminal e operou, durante o ano de 2020, com um terminal de passageiros de 67.600,00 m² aproximadamente, enquanto vinha operando até 2019 com 132.000,00 m², indicando uma redução de cerca de 50% nessa infraestrutura. Aliando isso a uma relevante redução no número de voos ofertados no ano (ASK) em comparação ao ano anterior, comportamento ocorrido para 100% dos aeroportos estudados, é possível identificar que houve uma compensação por parte da redução dos dados de inputs em simultâneo à redução nos resultados dos aeroportos no ano, o que gerou, para o ano de 2020, valores de eficiência razoavelmente regulares em comparação aos anos anteriores.

4.2. Modelagem em duas etapas

Para a segunda etapa da metodologia proposta pelo projeto, foram processados os três modelos tobit: (1) utilização das *dummies* "concessões" e "pandemia", sem utilizar dados de quantidade de casos de Covid-19; (2) utilização da *dummy* "concessões" e dos dados de quantidade de casos de Covid-19, sem utilizar a *dummy* "pandemia"; e (3) utilizar os dados de quantidade de casos de Covid-19, sem utilizar nenhuma das *dummies*. No modelo (1) a variável independente *dummy* "concessões" não é estatisticamente significante, portanto, já foi descartado. Em seguida, foi realizada a modelagem tobit (2) e a variável independente *dummy* "concessões" também não foi estatisticamente significante.

Por fim, foi desenvolvida a modelagem tobit (3) considerando os scores do DEA-BCC como variável dependente (Y), e levando em consideração como variáveis livres (Xi) os valores de casos anuais de Covid-19 no município dos aeroportos, PIB per capta, Área dos terminais de passageiros, comprimento de pistas, movimentação anual de passageiros e *dummy* de representação de situação de concessão dos aeroportos (1 em caso de aeroporto concedido, 0 em caso de aeroporto público). Os resultados do modelo seguem dispostos em seguida.

$$DEA = \alpha + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \beta_4 * X_4 + \beta_5 * X_5$$

No qual, Y corresponde ao θ_{BCC}, X_1 são os casos confirmados de COVID, X_2 é o PIB *per capita*, X_3 é a área do TPS, X_4 são os comprimentos de pista, X_5 é o número de passageiros por anos, α é uma constante do modelo e βi são os coeficientes.

Tabela 8: Resultados do modelo tobit (3).

Modelo tobit (iii)						
VARIÁVEL		***COEFICIENTE***	***ERRO PADRÃO***	***z***	***p-VALOR***	
constante	α	0,784437	0,0456592	17,18	<0,0001	***
CASOS	β_1	8,42257e-07	3,46362e-07	2,432	0,0150	**
PIBPERCAPTA	β_2	1,03513e-06	4,68202e-07	2,211	0,0270	**
AREADOTPS	β_3	−6,92497e-07	2,44259e-07	−2,835	0,0046	***
COMPPISTA	β_4	−3,08015e-05	1,27172e-05	−2,422	0,0154	**
PAX	β_5	2,38833e-08	3,65998e-09	6,526	<0,0001	***
Qui-quadrado (5)		56,18435				
Log da verossimilhança		54,66470				
Critério de Schwarz		−72,71164				
p-valor		7,45e-11				
Critério de Akaike		−95,32940				
Critério Hannan-Quinn		−86,16467				
Fatores de Inflacionamento da Variância (VIF)						
CASOS		1,067				
PIBPERCAPTA		1,073				
AREADOTPS		2,971				
COMPPISTA		2,091				
PAX		2,564				

** nível de significância = 10%*
*** nível de significância = 5%*
**** nível de significância = 1%*

Assim como os modelos tobit (1) e (2), as variáveis "área do terminal de passageiros", "comprimento de pista" e a "movimentação anual de passageiros" apresentaram p-valores dentro dos limites de significância, indicando sua relevância estatística para o modelo. Em adição, as variáveis anteriormente utilizadas como inputs também apresentaram coeficiente negativo (área do terminal de passageiros e comprimento de pista), enquanto a variável utilizada como output também apresentou coeficiente positivo (movimentação anual de passageiros). A variável PIB per capta manteve o mesmo "comportamento" verificado nos modelos (1) e (2), com p-valor também preciso e indicando sua significância estatística, e com coeficiente positivo, indicando que, quanto maior for o PIB per capita do município do aeroporto em questão, haverá uma tendência de maior eficiência operacional deste aeroporto em si.

Em adição, assim como verificado no modelo (2), a variável de representação da quantidade de casos de Covid-19 nos municípios dos aeroportos, apresentou-se como estatisticamente significante para o modelo, possuindo p-valor dentro do intervalo de significância, e, assim como verificado para esta mesma variável em (2), e com a dummy "pandemia" no modelo (1), apresentou coeficiente com sinais surpreendentemente positivos, reforçando a indicação de necessidade de estudos adicionais para verificação e análise mais profunda dos impactos da pandemia nas operações aeroportuárias em geral.

Por fim, aplicando o teste VIF nas variáveis do modelo, não é verificado nenhum problema de multicolinearidade entre as variáveis, assim como verificado para os modelos (1) e (2), tendo todas elas valores inferiores a 10,0 para o teste.

5. CONCLUSÃO

A revisão da literatura, inicialmente em relação aos aspectos históricos e fundamentais do setor aéreo e aeroportuário em geral, no Brasil e no mundo, seguido da análise das metodologias possíveis e consolidadas na literatura para aplicação e estudo proposto inicialmente, permitiram a escolha de uma metodologia robusta, abrangente e essencialmente útil, sendo extremamente pertinentes para obtenção e interpretação dos resultados alcançados.

A análise dos resultados obtidos na primeira etapa permitiu a obtenção de informações a respeito de ambos aeroportos e metodologias DEA aplicadas. Foi possível identificar aeroportos de referência no mercado aeroportuário brasileiro, aeroportos sinalizados como pouco eficientes no período analisado, bem como a evolução, positiva, negativa ou de comportamento mais contínuo, dos aeroportos (DMU's ao longo dos 11 anos analisados).

Considerando o método DEA aplicado, apenas os aeroportos de Congonhas/SP e Curitiba/PR se mostraram eficientes ao longo dos 11 anos de estudo. Analisando os resultados do DEA-BCC orientado a outputs, método DEA utilizado na regressão tobit da 2ª etapa da metodologia, os aeroportos de Guarulhos/SP, Congonhas/SP, Porto Alegre/RS, Curitiba/PR e Campo Grande/MS se mostraram eficientes, apresentando volumes de movimentação de passageiros bastante distintos e servindo de benchmark de ações administrativas e operacionais tomadas. Os aeroportos de Brasília/DF e Galeão/RJ permitiram verificar a influência de incrementos na infraestrutura na eficiência atestada pelos métodos DEA, nos anos que sucedem o incremento em si. Em contraposição à mudança "abrupta" nas condições de infraestrutura destes aeroportos, quando concluída uma reforma e disponibilizada uma grande área adicional de terminal de passageiros, o comportamento dos resultados operacionais e financeiros deste aeroporto, como DMU, tende a assumir uma tendência mais paulatina de crescimento ao longo do tempo, indicando a necessidade de realização detalhada das estimativas de demandas destes aeroportos, bem como analisar a capacidade de absorção dos impactos imediatos deste eventual incremento.

A análise dos resultados dos DEA no aspecto das concessões, permitiu concluir uma tendência de melhoria e evolução nos contratos e acordos firmados nas rodadas de concessão, indicando uma tendência de que as próximas concessões influenciarão de forma mais positiva os aeroportos cedidos, em comparação aos aeroportos já concedidos até então. Esta tendencia de evolução nos processos de concessões aeroportuárias, bem como do impacto destas na eficiência dos aeroportos em si, também foi pontuada por Toledo et al (2021), indicando a coesão do estudo com a literatura existente.

Em relação à análise dos resultados, no aspecto dos impactos da pandemia do Covid-19 na eficiência dos aeroportos, vale ressaltar que, apesar de não ter havido evidências de impacto direto da pandemia nos valores relativos de eficiência destes aeroportos, os relatos e dados apontados pelos órgãos reguladores, empresas aéreas e até mesmo os próprios aeroportos, indicam uma acentuada e grave influência negativa da pandemia e suas medidas restritivas na operação e nos resultados financeiros destas organizações, indicando a necessidade de realização de mais estudos, de forma complementar e com metodologia diversa, para análise e mensuração destes impactos negativos.

Em relação aos resultados obtidos na segunda etapa, foi possível identificar alto grau de coesão dentre os resultados obtidos nos três modelos tobit. Em todos os três, as variáveis utilizadas anteriormente no DEA da primeira etapa se mostraram estatisticamente significantes, e com coeficientes com valores e sinais condizentes com a literatura. A variável "PIB per capita", presente em todos os três modelos tobit, também se mostrou estatisticamente relevante em todas, e com coeficientes condizentes com a literatura analisada e com o entendimento prévio da realidade: maior PIB per capita da população do município dos aeroportos tendem a influenciar positivamente nos resultados operacionais destes aeroportos, e, portanto, influenciar também na eficiência relativa destes aeroportos.

A dummy “concessão”, que representa aeroportos em operação privatizada nos anos, se mostrou estatisticamente insignificante nos modelos de regressão, resultado também condizente com a literatura, e atestado nos dois modelos tobit em que a variável foi utilizada neste projeto (modelos (1) e (2)), reforçando a coesão dos resultados obtidos nas diferentes modelagens. Mesmo as variáveis “pandemia” (dummy) e “casos de Covid-19”, que representam implicitamente o mesmo evento global de influência no mercado aeroportuário, apresentaram resultados coesos, nas diferentes combinações de variáveis dos modelos tobit aplicados. E, em todos eles, foram aplicados testes VIF, que não indicaram nenhum problema de multicolinearidade, em nenhum dos modelos.

Por fim, foi realizada uma análise geral e combinada dos resultados obtidos, principalmente em relação ao objetivo de analisar os impactos da pandemia do Covid-19 nas operações aeroportuárias do Brasil. Além dos resultados do DEA aplicado, foi verificado, na regressão tobit da segunda etapa da metodologia, que a *dummy* “concessão” e a variável de casos de Covid-19 apresentaram coeficientes positivos nos modelos gerados, indicando uma eventual “influência positiva” da pandemia na eficiência destes aeroportos, o que não condiz com a realidade. Para análises mais abrangentes e sob aspectos diversos da gestão aeroportuária em geral, um bom caminho a ser seguido é através da utilização de metodologias e bancos de dados de aspecto econométrico sobre os aeroportos no período, de forma que seja possível analisar consequências e resultados financeiros em geral, e a influência da pandemia nestes índices.

Outra opção de estudo complementar é realizar estudo através de utilização “central” da variável “ASK”, com ênfase nas companhias aéreas; analisando os resultados obtidos neste projeto, foi possível identificar que esses dados influenciaram os resultados de eficiência no ano da pandemia, de forma a “balancear” a queda nos resultados do ano sem que houvesse desfalque nos valores de eficiência calculados, o que, por seu aspecto inesperado, indica a importância de estudos mais aprofundados sobre a variável, seu comportamento, os fatores que as influencia e quais outras características dos aeroportos ela pode influenciar.

REFERÊNCIAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. *Dados e Estatísticas*. Brasil, 2020, ANAC. Disponível em: < https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas >. Acesso em: 11 de fev. de 2022.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil.. *Dados abertos*. Brasil, 2022, ANAC. Disponível em: < https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/dados-abertos/ ppli-de-atuacao/todos-os-dados-abertos >. Acesso em: 14 de jan. 2022.

Banker, Rajiv D.; Natarajan, Ram. “*Evaluating Contextual Variables Affecting Productivity Using Data Envelopment Analysis*”. Operations Research, vol. 56, no 1, fevereiro de 2008, p. 48–58. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1287/opre.1070.0460.

Casa Civil. “*Ao inaugurar terminal em Brasília, Dilma comemora ampliação dos aeroportos brasileiros*.”. Governo Federal, Casa Civil, Brasil, 2014. Disponível em: < https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2014/04/ao-inaugurar-terminal-em-brasilia-dilma-comemora-ampliacao-dos-aeroportos-brasileiros >. Acessado em 14 de jan. de 2022.

Cavaignac, Laurent; Petiot; Romain. “*A Quarter Century of Data Envelopment Analysis Applied to the Transport Sector: A Bibliometric Analysis*”. Socio-Economic Planning Sciences, vol. 57, março de 2017, p. 84–96. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.11.003.

CIA – Central Intelligence Agency. *Relação de quantidades de aeródromos por país. Governo Federal,* Agência Central de Inteligência, Estados Unidos, 2022. Disponível em: < https://www.cia.gov/the-world-

factbook/field/airports/country-comparison >. Acessado em 15 de jan. de 2022.

Cooper, William W.; Seiford, Lawrence M; Tone, Kaoru. "*Data Envelopment Analysis - A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*" Kluwer Academics Publisher, 2007.

Da Rocha, Luis E. C. "*Structural evolution of the Brazilian airport network*". Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, vol. 2009, no 04, abril de 2009, p. P04020. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1088/1742-5468/2009/04/P04020.

Falcão, Viviane Adriano; da Silva, Francisco Gildemir Ferreira; de Oliveira, Francisco Heber Lacerda; Negri, Nathane Ana Rosa; de Andrade, Maurício Oliveira; Brasileiro, Anísio; Eller, Rogéria de Arantes Gomes; Macário, Rosário. "*Scientific Investigations in Air Transport about Brazil: A Bibliometric Review*". Case Studies on Transport Policy, vol. 9, no 4, dezembro de 2021, p. 1912–21. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.10.012.

HÓRUS – Sac Minfra. Gerencial, *Módulo de Informações Gerenciais. Governo Federal*, Ministério da Infraestrutura, Secretaria Nacional de Aviação Civil, Brasil, 2022. Disponível em: < https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#Principal>. Acessado em 13 de fev.. de 2022.

IATA – International Air Transport Association. *Annual Reviews. 75th Annual General Meeting*, Seoul, Jun. de 2019, IATA. Disponível em: <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/>. Acessado em 13 de fev. de 2022.>

ICAO - International Civil Aviation Organization. *Annual Reports of the Council.* Disponível em: < https://www.icao.int/publications/pages/annual-reports.aspx >. Acesso em: 14 de jan. 2022.

INFRAERO. *Dados sobre aeroportos públicos brasileiros*. Disponível em: < https://www4.infraero.gov.br/ >. Acessado em 13 de fev. de 2022.

Marazzo, Marcial; Scherre, Rafael; Fernandes, Elton. "*Air Transport Demand and Economic Growth in Brazil: A Time Series Analysis*". Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 46, no 2, março de 2010, p. 261–69. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.08.008.

MaxDEA 8 Basic. *Software*, 2021. Disponível em: < http://maxdea.com/MaxDEA.html >. Acessado em: 10 de out. de 2021.

MS – Ministério da Saúde. *Dados e Informações sobre a pandemia da Covid-19.* Governo Federal, Ministério da Saúde, Brasil. Disponível em: < https://covid.saude.gov.br/ >. Acessado em 14 de jan. de 2022.

Nakamura, Hiroki; Managi, Shunsuke. "*Airport Risk of Importation and Exportation of the COVID-19 Pandemic*". Transport Policy, vol. 96, setembro de 2020, p. 40–47. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.06.018.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *Informações sobre a Covid-19*. OMS, 2022. Disponível em: < https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019 >. Acesso em: 14 de jan. 2022.

Resende, Caio Cordeiro. *Avaliando o impacto da política de privatização de aeroportos brasileira: uma abordagem por controle sintético.* Prêmio SEPLAN de Monografias, 2º lugar, 2017.

Toledo, Fernanda Silva; Falcão, Viviane Adriano; Camioto, Flávia de Castro; da Silva, Paulo Afonso Lopes. "*Does privatization make Brazilian airports more efficient?*" TRANSPORTES, agosto de 2021. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.14295/transportes.v29i2.2304.