

EFICIÊNCIA DOS TERMINAIS AEROPORTUÁRIOS BRASILEIROS CONSIDERANDO A PERCEPÇÃO DE SATISFAÇÃO DO PASSAGEIRO E QUANTIDADE DE EQUIPAMENTOS DE AUTOATENDIMENTO PARA *CHECK-IN*

Nathane Ana Rosa Negri
Giovanna Miceli Ronzani Borille
Mauro Caetano
Viviane Adriano Falcão
Thiago Caliari
Cláudio Jorge Pinto Alves

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica

RESUMO

Entre os diferentes estudos que analisam a eficiência aeroportuária, nota-se que, a percepção de satisfação do passageiro e as tecnologias aeroportuárias têm sido pouco exploradas. A satisfação do passageiro pode ser interpretada como uma resposta positiva que o usuário sente ao experimentar um serviço ou produto. Já tecnologia é um fator muitas vezes associado à inovação. O objetivo desse estudo é avaliar a eficiência de 15 aeroportos brasileiros por meio do método Análise Envoltória de Dados. O modelo permitiu analisar diferentes variáveis, sendo a satisfação dos usuários e a quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in* dois desses atributos. Mediante o modelo DEA, 60% dos aeroportos da amostra apresentam eficiência máxima relativa no ano de 2017. Além do mais, fez-se a aplicação da regressão Tobit para avaliar as variáveis empregadas na DEA que levam à eficiência aeroportuária. Como resultado, a satisfação do passageiro mostrou-se correlacionada com a eficiência aeroportuária.

ABSTRACT

Among the different studies that analyze the airport efficiency, it is noticed that, the perception of passenger satisfaction and airport technologies have been little explored. Passenger satisfaction can be interpreted as a positive response that the user feels when experiencing a service or product. Technology is often a factor associated with innovation. The objective of this study is to evaluate the efficiency of 15 Brazilian airports using the Data Envelopment Analysis method. The model allowed to analyze different variables, being the satisfaction of the users and the amount of self-service equipment to check-in two of these attributes. Using the DEA model, 60% of the airports in the sample presented maximum relative efficiency in the year 2017. Furthermore, the Tobit regression was applied to evaluate the variables employed in the DEA that lead to airport efficiency. As a result, passenger satisfaction was correlated with airport efficiency.

1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas vêm mudando o modo de jornada do passageiro que se encontra no terminal aeroportuário. Muitas das inovações apresentam como objetivo prover satisfação ao usuário, otimizar o tempo do passageiro além de, contribuir com as receitas não aeronáuticas.

De acordo com Dodgson, Gann e Salter (2008) a inovação tecnológica envolve conceitos de novas ideias empregadas a produtos, processos ou serviços. No contexto aeroportuário a tecnologia é um elemento no qual pode estar associado ao termo inovação. Para Franke (2007) a tecnologia de equipamentos envolvendo manuseio nos terminais aeroportuários, como *totens* de autoatendimento de *check-in*, é um exemplo relacionado à inovação.

A inovação tecnológica é comumente vinculada a mudanças na organização e nas estratégias correlacionadas ao produto, processo ou serviço, o que pode gerar crescimento empresarial, concorrência, e também satisfação ao usuário (Dodgson, Gann e Salter, 2008).

A satisfação do usuário no setor aeroportuário pode ser um bom indicador aos gestores do

aeroporto (Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016). Assim, há uma tendência de estudos que analisam a relação das tecnologias aeroportuárias vinculada à percepção de satisfação do passageiro (Bogicevic, 2017; Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016; Lin, Wu e Cheng, 2015), do mesmo modo de estudos que buscam reconhecer a relevância no qual os passageiros atribuem aos componentes de um terminal de passageiros (Bandeira e Correia, 2008).

Nota-se que é pouco explorada se a percepção de satisfação pelo passageiro, tanto quanto as tecnologias, podem interferir na eficiência aeroportuária. No estudo de Merkert e Assaf (2015), é utilizada a satisfação do passageiro atrelado à eficiência, porém o uso da satisfação no estudo associa-se à existência de interferência na lucratividade, e também, não é avaliado nenhum aeroporto brasileiro. Já em relação à análise de *totens*, Lee *et al.* (2014) consideram os equipamentos eficientes para o aeroporto de Singapura–Changi. Enquanto que na realidade dos aeroportos brasileiros este contexto não foi explorado.

Logo, o objetivo do presente estudo é analisar a eficiência dos aeroportos brasileiros, pelo método da Análise Envoltória de Dados (DEA), em que se consideram como algumas das variáveis no modelo a percepção de satisfação do passageiro e a quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in*. Em seguida, o artigo emprega a regressão Tobit no âmbito de avaliar mais especificamente as variáveis utilizadas na DEA que levam ou indicam ligação à eficiência aeroportuária.

A análise de eficiência atribuída à variável qualitativa, no caso satisfação do passageiro, pela metodologia DEA, permitiu desenvolver contribuições ao operador aeroportuário, uma vez que é possível analisar a eficiência aeroportuária em conjunto com a satisfação do passageiro. Ademais, o uso das variáveis de satisfação e quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in* são inéditas aos aeroportos brasileiros, de tal forma que pode colaborar em termos metodológicos atrelados a eficiência.

2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS AEROPORTUÁRIAS

A oferta de serviços associados às inovações tecnológicas visa melhorar a experiência do passageiro em um aeroporto, além de contribuir na eficiência do tempo e na lucratividade ao operador aeroportuário.

Para Dodgson, Gann e Salter (2008) o conceito de inovação envolve a exploração comercial, incluindo a presença de mercado para um produto ou serviço de novas ou aprimoradas ideias. Inovação pode estar inserida em atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e de negócios. Enquanto a tecnologia é conceituada como um produto que se replica, tanto para o mercado como para o desenvolvimento de conhecimento.

No setor aeroportuário a tecnologia é um fator que pode ser associado ao termo inovação. Neste contexto, Franke (2007) conclui 3 fatores alusivos às inovações: tipo de aeronave da próxima geração, soluções avançadas de tecnologia da informação e equipamentos de manuseio nos terminais aeroportuários (quiosques de autoatendimento para *check-in*, aplicativos nos celulares para leitura de código de barra das passagens aéreas e sistemas biométricos).

Chen, Batchuluun e Batnasan (2015) indagam quais fatores estão atrelados a inovações em

serviços. O resultado define como serviços inovadores os *totens* para *check-in*, raios-x, comunicação em mídias sociais e micro-hotéis presentes nos aeroportos. Além do mais, os *totens*, na maior parte, são considerados equipamentos eficientes, oferecendo um serviço recomendável ao passageiro do aeroporto de Singapura–Changi (Lee *et al.*, 2014).

Além disto, a inovação pode se tornar o direcionador decisivo do progresso para o setor aeroportuário, mais especificamente para as companhias aéreas, incluindo modelos de negócios avançados, segmentação de clientes e tecnologias (Nicolau e Santa-María, 2012).

Por conseguinte, o termo inovação tecnológica, engloba muito mais do que uma aplicação de novas ideias pertencentes a produtos ou serviços. O termo é geralmente condicionado às mudanças na organização e nas estratégias empresariais. Portanto, uma boa gestão da inovação tecnológica ocorre quando elementos e atividades inovadoras das empresas são bem gerenciados e articulados estrategicamente. Tal fator pode contribuir que as empresas alvejem o seu objetivo, como por exemplo, geração de receita, melhor qualidade empresarial e satisfação do cliente (Dodgson, Gann e Salter, 2008).

3. SATISFAÇÃO DO PASSAGEIRO

Uma resposta positiva que o usuário sente ao experimentar um serviço ou visitar um destino é a satisfação (Bogicevic, 2017). A satisfação do passageiro pode ser utilizada como um indicador de desempenho valioso para a operação do aeroporto (Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016). Por meio desse indicador é possível aos operadores entenderem quais são os principais pontos que influenciam na experiência de jornada do passageiro (Graham, 2014).

De acordo com Graham (2014) os operadores passaram a analisar a experiência de jornada do passageiro ao avaliar a qualidade de serviços nos aeroportos. Posto isto, para melhorar a satisfação dos passageiros é necessário estabelecer medidas que avaliem o nível de qualidade de seus serviços oferecidos (Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016).

Em relação à satisfação do passageiro, estudos estabelecem relações de quais serviços, e quais fatores desses serviços, contribuem para o aumento da satisfação. Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre (2016) analisam se as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) interferem na qualidade do serviço oferecido nas áreas funcionais do aeroporto de Santiago do Chile mediante a percepção do passageiro. Como conclusão, os autores argumentam que o investimento em novas formas de comunicação, com base nas TICs, melhoraria a percepção do passageiro a respeito da qualidade do serviço no aeroporto.

Bogicevic (2017) desenvolve um instrumento que capta as percepções dos passageiros em função das tecnologias aeroportuárias. Em que testa um modelo teórico no qual examina a relação entre diferentes tipos de tecnologias aeroportuárias em relação à confiança, entusiasmo e satisfação. As descobertas sugerem uma relação positiva entre as tecnologias de autoatendimento em aeroportos e os benefícios da confiança dos passageiros, sendo que resulta em efeitos positivos na satisfação geral do cliente.

Bandeira e Correia (2008), por meio da metodologia Processo de Hierarquia Analítica (AHP), demonstram a partir da análise do aeroporto de São Paulo-Guarulhos (GRU) a relevância que os usuários atribuem aos componentes de um terminal de passageiros, assim como seus

atributos. Dentre os componentes analisados tem-se o acesso ao aeroporto, saguão de embarque, balcão de *check-in*, área de embarque e as áreas não aeronáuticas. Como resultado, o componente *check-in* é o mais significativo considerado pelos passageiros, sendo que o tempo é identificado como o atributo mais relevante.

Uma medida de otimizar o tempo em um terminal aeroportuário pode se dar por meio de medidas inovadoras. Lin, Wu e Cheng (2015), por exemplo, destacam a importância da introdução de novos serviços ou inovações tecnológicas aeroportuárias para satisfazer as necessidades dos usuários.

Desse modo, estudos investigam a relação das tecnologias aeroportuárias atreladas à percepção de satisfação do passageiro (Bogicevic, 2017; Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016; Lin, Wu e Cheng, 2015), assim como estudos que buscam identificar a relevância que os passageiros atribuem aos componentes de um terminal de passageiros (Bandeira e Correia, 2008). Dos estudos revisados é pouco explorado se a percepção de satisfação pelo passageiro, tanto quanto as tecnologias ou inovações tecnológicas, podem interferir na eficiência aeroportuária.

4. EFICIÊNCIA NO SETOR AEROPORTUÁRIO

Diferentes estudos vêm analisando a eficiência aeroportuária. Alguns utilizam a DEA como método para a validação de hipóteses ou proposição de novas teorias aplicadas aos aeroportos. Como em Wanke e Barros (2017), no qual analisam cinco diferentes aeroportos do Senegal, ou em Merkert e Assaf (2015) que investigam se a percepção de satisfação do passageiro apresenta um impacto nas margens de lucro. Foram analisados 30 aeroportos mundiais de médio a grande porte, sendo todos eles um *hub*. Os resultados trazem que excluir a qualidade como uma medida de produção pode distorcer a classificação geral de eficiência dos aeroportos internacionais.

Para mais, outros trabalhos revisados neste estudo no qual empregam o método DEA são apresentadas na Tabela 1, assim como as variáveis de entrada e saída que são mais analisadas ou utilizadas pelos autores.

Tabela 1: Variáveis de *input* e *output* utilizadas em estudos de eficiência aeroportuária

<i>INPUTS</i>	AUTORES	<i>OUTPUTS</i>	AUTORES
Área do terminal de passageiros	Merkert e Assaf (2015); Tsui et al. (2014); Fan, Wu e Zhou (2014); Ahn e Min (2014); Tsekeris (2011); Chi-Lok e Zhang (2009); Lin e Hong (2006).	Movimento de passageiros	Wanke e Barros (2017); Button (2017); Ferreira, Marques e Pedro (2016); Merkert e Assaf (2015); Tsui et al. (2014); Fan, Wu e Zhou (2014); Ahn e Min (2014); Tsekeris (2011); Rosas e Gemoets (2010); Chi-Lok e Zhang (2009); Barros e Dieke (2008); Lin e Hong (2006); Pacheco e Fernandez (2003).
			Percepção de qualidade do passageiro
Número de companhias aéreas	Button (2017).	Receitas	Barros e Dieke (2008); Pacheco e Fernandez (2003).
Número de balcões de <i>check-in</i>	Lin e Hong (2006).		

Quantidade de esteiras	Fan, Wu e Zhou (2014); Lin e Hong (2006).	Movimento de carga	Wanke e Barros (2017); Merkert e Assaf (2015); Tsui et al. (2014); Ahn e Min (2014); Tsekeris (2011); Rosas e Gemoets (2010); Chi-Lok e Zhang (2009); Barros e Dieke (2008); Lin e Hong (2006); Pacheco e Fernandez (2003). Wanke e Barros (2017); Button (2017); Ferreira, Marques e Pedro (2016);
Número de vagas de estacionamento	Button (2017); Lin e Hong (2006).	Movimento de aeronaves	Merkert e Assaf (2015); Tsui et al. (2014); Ahn e Min (2014); Tsekeris (2011); Rosas e Gemoets (2010); Chi-Lok e Zhang (2009); Barros e Dieke (2008); Pels et al. (2003).

As informações da Tabela 1 apresentam as variáveis de movimento de passageiros, movimento de aeronaves e movimento de cargas os *outputs* mais utilizados pelos autores. Receitas em geral também aparecem nas variáveis de saída. Vale ressaltar que a percepção de qualidade é utilizada apenas no estudo de Merkert e Assaf (2015) relacionado à eficiência, e também, não é avaliado nenhum aeroporto brasileiro.

No que diz respeito às variáveis de input, a área do terminal de passageiros é a mais analisada pelos autores. O número de companhias aéreas é pouco empregado. Outra variável pouco explorada é a quantidade de balcões de *check-in* (Lin e Hong, 2006). A variável quantidade de *totens*, até então, não foi avaliada em relação à eficiência aeroportuária.

Logo, os estudos revisados contribuem para a definição dos *outputs* e *inputs* utilizados neste trabalho. Nota-se, portanto, uma lacuna nas variáveis de satisfação do passageiro e quantidade de quiosques de autoatendimento para *check-in* na análise da eficiência.

5. MÉTODO

No primeiro estágio do estudo, o método segue a característica do modelo da Análise Envoltória de Dados (DEA), com retorno variável de escala a fim de avaliar a eficiência de cada aeroporto (Banker, Charnes e Cooper, 1984). O método DEA é empregado, pois, não requer determinação de pesos a serem anexados a cada entrada e saída, como nas abordagens necessárias na regressão estatística (Cooper, Seiford e Tone, 2007).

Dada à natureza no foco na satisfação do passageiro atrelado a características físicas de cada aeroporto, e também por meio dos estudos revisados, se define como variáveis de saída o movimento de passageiros e a percepção de qualidade pelo passageiro.

Área do terminal de passageiros, quantidade de companhias aéreas e quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in*, disponíveis no terminal de passageiros, foram inseridas como variáveis de entrada no modelo. Cujo objetivo é captar insumos do terminal que podem influenciar na eficiência geral de um aeroporto.

As variáveis de *input* e de *output* definidas e suas respectivas fontes são identificadas na Tabela 2. Vale ressaltar que os dados obtidos são referentes ao ano de 2017, por exemplo, a variável movimento de passageiros corresponde a movimentação anual de passageiros para determinado aeroporto deste estudo para o ano de 2017.

Tabela 2: Variáveis de *input* e *output* utilizadas no estudo e fonte

<i>Inputs</i>	Fonte	<i>Outputs</i>	Fonte
Área do terminal de passageiros	Infraero (2018)	Movimento de passageiros	Infraero (2018)
Quantidade de Companhias Aéreas	Infraero (2018)	Percepção da qualidade pelo passageiro	Hórus (2018)
Quantidade de equipamentos para <i>check-in</i>	Operadores aeroportuários (2018)		

Deste modo, este estudo é constituído por 3 variáveis de *input* e 2 variáveis de *output*. De acordo com Senra *et al.* (2007) uma deficiência da DEA é a sua baixa capacidade de ordenar as unidades tomadoras de decisão (DMUs), pois quanto maior o número de variáveis em relação ao número de DMUs, menor será a capacidade de ordenação pelas eficiências, uma vez que há a tendência de muitas DMUs atingirem a eficiência máxima. Um dos métodos usados para evitar este problema é restringir o número de variáveis usadas no modelo.

No total foram selecionados 15 aeroportos brasileiros. As escolhas dos aeroportos baseiam-se, principalmente, em função da disponibilidade dos dados referentes ao ano de 2017. Cooper *et al.* (2001) sugerem que o número de DMUs deve ser determinado segundo a relação $DMUs \geq \max(\text{entradas} \times \text{saídas})$ ou $3x(\text{entradas} + \text{saídas})$. Assim, chega-se que o número mínimo de aeroportos ao desenvolvimento desta pesquisa é de 15, estando de acordo com a metodologia de Cooper *et al.* (2001).

Com relação à variável quantidade de equipamentos para *check-in*, foi questionado aos operadores aeroportuários, via *e-mail*, a quantidade de quiosques de autoatendimento para *check-in* para cada um dos 15 aeroportos. A quantidade de equipamentos disponíveis é composta tanto por *totens* de autoatendimento como também, *totens* de despacho de bagagens (aqueles no qual é possível realizar o *check-in*) presentes no terminal aeroportuário.

As variáveis de área do terminal de passageiros, quantidade de companhias aéreas e movimentação anual de passageiros foram obtidas pela Infraero (2018). Já em relação aos aeroportos em regime de concessão, os dados foram adquiridos em *websites* específicos dos próprios aeroportos.

A percepção da qualidade pelo passageiro, de acordo com a Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC, 2017), é composta pela média de satisfação geral, identificada por meio de questionários aplicados aos passageiros nos aeroportos de estudo. O questionário é composto pelo indicador satisfação geral do aeroporto, em que o passageiro atribui uma nota de 1 a 5 (escala Likert). Sendo 1-Péssimo, 2-Regular, 3-Bom, 4-Muito bom e 5-Excelente. Consequentemente, o valor obtido da média de satisfação geral percebida pelo passageiro é a média das notas deste indicador, para cada um dos 15 aeroportos selecionados (Hórus, 2018).

A fim de evitar problema de análise de mensuração da variável qualitativa, neste estudo, considera-se a razão entre quantidade de passageiros que aferiram a nota 5 com o total de

passageiros entrevistados. A utilização da nota 5 se deve ao fato que a mesma representa a satisfação máxima, no qual os aeroportos deveriam tentar obter.

Diversas abordagens alternativas têm sido defendidas para o segundo estágio deste tipo de análise a fim de verificar, por exemplo, a robustez do modelo, significâncias das variáveis. Algumas abordagens para o segundo estágio incluem modelos *Ordinary Least Squares* (OLS), ou mínimo quadrado ordinário (Chi-Lok e Zhang, 2009), Tobit (Button *et al.*, 2017; Chi-Lok e Zhang, 2009) e regressão truncada (Merkert e Assaf, 2015; Tsekeris, 2011).

Para tanto, no segundo estágio deste estudo utilizou-se a regressão Tobit no objetivo de avaliar os fatores que levam à eficiência aeroportuária (Tobin, 1958; Tsui *et al.* 2014; Button *et al.*, 2017). A Equação 1 representa a estrutura do modelo Tobit (Tobin, 1958):

$$y_i^* = X_i\beta + \mu_i \quad (1)$$

Onde y_i^* representa uma variável latente não observável. Esta variável depende linearmente de X_i por meio de um parâmetro β que determina a relação entre a variável independente e a variável latente. Para mais, tem-se o erro μ_i , normalmente distribuído para capturar influências aleatórias.

No modelo Tobit os dados podem ser censurados em zero. O y_i observado é definido pela Equação 2:

$$y_i = \begin{cases} y_i^*, & \text{se } y_i^* > 0 \\ 0, & \text{se } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

No objetivo de se avaliar os fatores que contribuem para o aumento de eficiência dos aeroportos, no modelo, a variável dependente (y) representa os índices de eficiência obtidos do modelo DEA no primeiro estágio, limitadas as variáveis de distribuição de 0 a 1. Enquanto as variáveis independentes (X) são: área do terminal de passageiro (ATP), quantidade de companhias aéreas (QCA), quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in* (QEAC), percepção de satisfação do passageiro (PSP) e movimentação anual de passageiros (MA).

Outras variáveis também são analisadas como variáveis independentes, como produto interno bruto (PIB), produto interno bruto per capita (PIBC), valor médio pago por passageiro em cada quilômetro voado (YIELD), população da cidade onde o aeroporto se concentra (POP) e o índice de desenvolvimento humano (IDH).

Produto interno bruto, produto interno bruto per capita, população da cidade onde o aeroporto se concentra e o índice de desenvolvimento humano são dados obtidos pelo IBGE (2018). Enquanto o valor médio pago por passageiro, em cada quilômetro voado, são dados da ANAC (2018).

Portanto, este modelo é aplicado nos *inputs* e *outputs* utilizados no modelo DEA, considerando retornos variáveis à escala aos 15 aeroportos brasileiros, no propósito de avaliar se estes fatores estão correlacionados com as eficiências técnicas resultante da aplicação do modelo DEA. A Equação 3 representa o modelo proposto.

$$\theta = \mu_0 + \beta_1 ATP + \beta_2 QCA + \beta_3 QEAC + \beta_4 PSP + \beta_5 MA + \beta_6 PIB + \beta_7 PIBC + \beta_8 YIELD + \beta_9 POP + \beta_{10} IDH \quad (3)$$

Na Equação 3, θ representa a eficiência estimada da DEA no primeiro estágio, μ_0 é o erro não

percebido e β_1 a β_{10} são os pesos a serem encontrados.

Sobressai-se que os dados das variáveis QEAC, PIB, PIBC, POP e o IDH foram obtidos para cada estado onde o aeroporto se encontra. Com exceção do aeroporto internacional de São Paulo (GRU), em que os valores das variáveis PIB e POP são resultados da somatória das cidades de São Paulo e Guarulhos, e a variável PIBC se fez uma média dos valores de ambas as cidades.

Além disso, nos aeroportos Internacionais de Belo Horizonte (CNF) e de São Gonçalo do Amarante (NAT) os dados coletados foram dos municípios de Belo Horizonte e Natal, respectivamente.

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados das variáveis de *input* e *output* no modelo DEA, para os 15 aeroportos brasileiros selecionados, foram processados no software Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD), fornecido por Angulo *et al.* (2005).

Após a aplicação do modelo DEA-BCC, orientado a *output*, foi feita a análise para avaliação da eficiência dos aeroportos do ano de 2017. Os resultados da amostra de eficiência dos 15 aeroportos brasileiros avaliados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Eficiência geral da análise DEA

DMU's	Eficiência
Aeroporto Internacional de São Paulo	1,000
Aeroporto de Congonhas	1,000
Aeroporto Internacional de Brasília	1,000
Aeroporto do Rio de Janeiro	1,000
Aeroporto Internacional de Viracopos	1,000
Aeroporto Internacional de Recife	1,000
Aeroporto Internacional de Curitiba	1,000
Aeroporto Internacional de Cuiabá	1,000
Aeroporto Internacional de São Gonçalo do Amarante	1,000
Aeroporto Internacional de Fortaleza	0,948
Aeroporto Internacional de Manaus	0,791
Aeroporto Internacional de Porto Alegre	0,747
Aeroporto Internacional de Salvador	0,715
Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro	0,669
Aeroporto Internacional de Confins	0,611

O resultado da amostra, para os 15 aeroportos de estudo, indica que 9 atingiram a eficiência máxima no ano de 2017. Dos 9 aeroportos, 7 são internacionais, em que 4 estão em regime de concessão, sendo: Internacional de São Paulo, Brasília, Campinas/Viracopos e São Gonçalo do Amarante e 3 são administrados pela Infraero: Recife, Curitiba e Cuiabá. Em relação aos aeroportos domésticos, que alcançaram a eficiência máxima, foram: São Paulo/Congonhas e do Rio de Janeiro/Santos Dumont. Desta forma, perante a avaliação dos 15 aeroportos brasileiros da amostra, 60% dos aeroportos são considerados eficientes.

Em relação aos aeroportos, que não atingiram a eficiência, todos são internacionais, como: o de Confins, com eficiência de 61,1%, seguido pelo Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão, com 66,9%. Salvador apresentou 71,5% de eficiência, seguido por Porto

Alegre, Manaus e Recife, com 74,7%, 79,1% e 94,8% respectivamente. Considerando as variáveis analisadas nesta pesquisa, o Aeroporto Internacional de Confins foi considerado o menos eficiente da amostra. Enquanto o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro aparece na penúltima posição.

Observam-se os altos valores em porcentagem encontrados. Além disso, o baixo valor, ou a ineficiência de alguns aeroportos pode estar relacionado diretamente com a satisfação do passageiro. Por exemplo, o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro foi o segundo que apresentou a pior nota da razão da percepção de qualidade pelo passageiro (com 0,196), seguido pelo Aeroporto Internacional de Confins, que apresentou uma razão de 0,197. Vale salientar que ambos apresentam as menores eficiências.

A fim de avaliar se os *inputs* e *outputs* estão correlacionados com as eficiências técnicas resultante da aplicação do modelo DEA foi sugerido o modelo Tobit (Tobin, 1958).

Os resultados do Tobit (Tabela 4), processados no *Software GNU Regression, Econometric and Time-series Library* (Gretl), mostram um efeito positivo e significativo da percepção de satisfação geral do passageiro. Porém nenhuma outra variável apresentou significância com a eficiência.

Tabela 4: Análise Tobit com todas variáveis

	Coefficiente	Erro padrão	z	P-valor
Constante	3,69761	1,83348	2,017	0,0437**
MA	-5,86545e-09	9,33E-09	-0,6290	0,5294
PSP	1,06588	0,494199	2,157	0,0310**
QCA	0,00971956	0,00991438	0,9803	0,3269
ATP	-7,36104e-07	4,81E-07	-1,529	0,1262
QEAC	-0,00147375	0,00224159	-0,6575	0,5109
PIB	1,74E-09	1,45E-09	1,195	0,2319
PIBC	7,28E-06	7,10E-06	1,025	0,3053
YIELD	1,02045	1,34044	0,7613	0,4465
POP	-7,70004e-08	7,47E-08	-1,031	0,3024
IDH	-4,55208	3,166	-1,438	0,1505

Representações do P-valor: ***p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10.

Após a primeira análise estabelecida pela Tabela 4 foi efetuado o teste de estatística *Variance Inflation Factor* (VIF). Este teste é uma medida de quantificar o quanto que a variância de cada coeficiente da regressão aumenta por questões de multicolinearidade (Fávero *et al.*, 2009).

Em seguida aos testes de multicolinearidade empregou-se novamente a regressão Tobit. O sigma encontrado para o modelo foi de 0,086. Os resultados são estabelecidos na Tabela 5.

Tabela 5: Estimação Tobit sem as variáveis de MA, QCA, PIB, POP E IDH

	Coefficiente	Erro padrão	z	P-valor
Constante	0,893813	0,188999	4,729	2,25e-06 ***
PSP	0,505635	0,252359	2,004	0,0451 **
ATP	-5,84937e-07	3,30E-07	-1,773	0,0762 *
QEAC	0,00117518	0,00102278	1,149	0,2506
PIBC	4,42E-06	1,78E-06	2,475	0,0133 **
YIELD	-0,940775	0,522874	-1,799	0,0720 *

Representações do P-valor: ***p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10.

Cada uma das variáveis apresenta sua influência estimada pelos resultados nos coeficientes. O valor obtido, por sua vez, indica a ordem de grandeza da influência dessa variável na eficiência aeroportuária, enquanto o sinal representa se essa relação é positiva ou negativa. A significância dessa variável é obtida por meio da comparação entre o resultado estimado e o erro-padrão, o que pode ser representado pelo P-valor. Os coeficientes da Tabela 5 podem ser substituídos na Equação 3, gerando a Equação 4:

$$\theta = 0,8938 - 5,8494e^{-7} ATP + 0,0012QEAC + 0,5056PSP + 4,4200e^{-6} PIBC - 0,9408YIELD \quad (4)$$

A variável percepção de satisfação do passageiro apresentou significância estatística e correlação positiva com a eficiência no modelo. A explicação para tal resultado baseia-se que a percepção de satisfação do passageiro pode influenciar positivamente na eficiência de um aeroporto. Além da satisfação do passageiro ser utilizada como um indicador de desempenho para a operação do aeroporto (Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016), e também, um indicador aos operadores aeroportuários (Graham, 2014), a satisfação do passageiro, neste estudo, comprovou se relacionar de modo positivo e significativo com a eficiência aeroportuária.

Em relação à área do terminal de passageiros, mostrou-se uma pequena significância negativa com a eficiência. Esse resultado pode indicar que a área do terminal está sendo subutilizado e até mesmo, que parte de sua área poderia ser operada para outros fins, como por exemplo, área para receitas não aeronáuticas, dependendo da configuração do aeroporto. Conseqüentemente, esse possível errôneo uso da área pode vir a contribuir de modo negativo na eficiência do aeroporto.

Quanto a variável produto interno bruto per capita a mesma traz correlação positiva e significativa com a eficiência. Ou seja, a economia da região no qual o aeroporto está inserido pode interferir positivamente na eficiência aeroportuária. Conseqüentemente, uma região que apresenta um produto interno bruto per capita alto tende a interferir positivamente no aeroporto daquela região.

Já em relação ao valor médio pago por passageiro em cada quilômetro voado, a variável apresentou uma pequena significância e negativa com o regressando. Indicando que passageiros que pagam mais pelo quilômetro voado pode influenciar negativamente com a eficiência do aeroporto.

Por último, o fator quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in* não apresentou significância no modelo. Portanto, com os dados utilizados não foi possível associar a quantidade de equipamentos de *check-in* com a eficiência, como o estudo de Lee *et*

al. (2014) indica ao aeroporto de Singapura-Changi.

Deste modo, a satisfação do passageiro pode-se relacionar com a eficiência aeroportuária por meio dos dados utilizados e DMU's analisadas. O mesmo não ocorreu com a quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in*.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram considerados como *inputs*: área do terminal de passageiros, quantidade de companhias aéreas e quantidade de equipamentos de autoatendimento para *check-in*. Como variáveis de *outputs*: movimentação anual de passageiros e a percepção da satisfação geral do passageiro.

As eficiências relativas das DMU's foram obtidas pela Análise Envoltória de Dados, considerando os retornos variáveis de escala do modelo BCC. Dentre os 15 aeroportos considerados na amostra, 9 obtiveram eficiência máxima, o que representa 60% dos aeroportos da amostra. O Aeroporto Internacional de Confins obteve a pior avaliação.

O uso do método DEA, que propôs o aumento dos produtos, assim como a redução dos insumos, como forma de atingir a fronteira de eficiência, não resulta em incentivar a redução de investimentos nos aeroportos, mas ajuda a localizar variáveis que podem vir a estar inadequadamente gerenciadas, como por exemplo, a área do terminal de passageiros.

No âmbito de identificar os fatores que contribuem para o aumento da eficiência dos aeroportos, empregou-se a regressão Tobit para avaliar se os *inputs* e *outputs* utilizados no modelo estão correlacionados com as eficiências técnicas dos aeroportos.

A regressão Tobit mostrou que a satisfação do passageiro é um atributo que pode interferir positivamente na eficiência aeroportuária dos aeroportos de análise. Porém, no caso da quantidade de *totens* não foi possível identificar correlação significativa com a eficiência atrelado aos dados utilizados.

Por fim, o estudo contribui na inserção acadêmica no conteúdo de percepção de satisfação do passageiro (Bogicevic, 2017; Brida, Moreno-Izquierdo e Zapata-Aguirre, 2016; Lin, Wu e Cheng, 2015) de modo que essa variável pode se correlacionar positivamente com a eficiência aeroportuária. Diferentemente do estudo de Merkert e Assaf (2015) que relacionam satisfação do passageiro com margens de lucro ao aeroporto. Além da contribuição ao operador aeroportuária, no qual se pode relacionar eficiência à satisfação do passageiro.

A maior limitação deste estudo foi à dificuldade de obter os dados para as 15 DMU's da amostra. Por conseguinte, para trabalhos futuros, sugere-se avaliação de outros aeroportos ou até mesmo dos 15 aeroportos desta análise, com uma maior base de dados, com o objetivo de estabelecer uma comparação com o presente estudo e até mesmo contribuir com a exploração do tema.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio oferecido pela CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. E também, aos gestores aeroportuários dos 15 aeroportos de estudo que forneceram informações relevantes à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHN, Y. H.; MIN, H. Evaluating the multi-period operating efficiency of international airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index. *Journal of Air Transport Management* 39 (2014) 12e22
- Agência nacional de aviação civil. Anuário estatístico de 2016. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>. Acessado em: 09 de Maio de 2018.
- ANGULO M. L.; BIONDI N. L.; SOARES M. J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, (3), p. 493-503, 2005.
- BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R. Analysis of the degree of Importance of the Airport Passenger Terminal Components in São Paulo / Guarulhos International Airport. *Journal of the Brazilian Air Transportation Research Society*, v. 4, pp. 25-34, 2008.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment. *Management Science*, v. 30, pp. 1978-1092
- BARROS, C. P.; DIEKE, P. U. C. Measuring the economic efficiency of airports: A Simar–Wilson methodology analysis. *Transportation Research Part E* 44 (2008) 1039–1051
- BOGICEVIC, V. The impact of traveler-focused airport technology on traveler satisfaction. *Technological Forecasting & Social Change* 123 (2017), pp. 351-361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.038>.
- BRIDA, J. G.; MORENO-IZQUIERDO, Luis e ZAPATA-AGUIRRE, S. Customer perception of service quality: The role of Information and Communication Technologies (ICTs) at airport functional areas. *Tourism Management Perspectives* 20 (2016), pp. 209–216.
- BUTTON, K.; KRAMBERGER, T.; GROBIN, K.; ROSI, B. A note on the effects of the number of low-cost airlines on small tourist airports' efficiencies. *Journal of Air Transport Management*. Available online 21 December 2017, <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.12.003>
- CHEN, J. K. C.; BATCHULUUN, A.; BATNASAN, J. Services innovation impact to customer satisfaction and customer value enhancement in airport. *Technology in Society* 43 (2015) 219e230
- CHI-LOK, A. Y.; ZHANG, A. Effects of competition and policy changes on Chinese airport productivity: An empirical investigation. *Journal of Air Transport Management* 15 (2009) 166–174
- COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K., 2007. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-solver Software*. Springer, New York.
- COOPER, W.W.; LI, S.; SEIFORD, L.M.; TONE, K.; THRALL, R.M.; ZHU, J. Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. *Journal of Productivity Analysis* 15, 217–246, 2001.
- DODGSON, M.; GANN, D.; SALTER, A., 2008. *The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice*. Oxford University Press, New York.
- FAN, L. W.; WU, F.; ZHOU, P. Efficiency measurement of Chinese airports with flight delays by directional distance function. *Journal of Air Transport Management* 34 (2014) 140e145
- FÁVERO, L.P.; BELFIORI, P.; DA SILVA, F.B.; CHAN, B.L. *Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 – 5ª reimpressão. il.
- FERREIRA, D. C.; MARQUES, R. C.; PEDRO, M. I. Comparing efficiency of holding business model and individual management model of airports. *Journal of Air Transport Management* 57 (2016) 168-183
- FRANKE, M. Innovation: The winning formula to regain profitability in aviation?. *Journal of Air Transport Management* 13 (2007) 23–30
- GNU Regression, Econometric and Time-series Library (Gretl). Cottrell, A., and Lucchetti, R. (2017d). Software disponível em: <http://gretl.sourceforge.net/>
- GRAHAM, Anne. *Managing airports: An international perspective*. 4nd Ed. 2014.
- HÓRUS. Desempenho Operacional, dados completos. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#DesempenhoOperacional/DadosCompleto>. Acessado em: 16 de abril de 2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Panorama dos municípios brasileiros*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em: 21 de maio de 2018.
- INFRAERO. Anuário Estatístico Operacional. Disponível em: http://www4.infraero.gov.br/media/642485/anuario_2016.pdf. Acessado em: 09 de maio de 2018.
- LEE, C. K. M.; NG, Y.; LV, Y.; TAEZON, P. Empirical Analysis of a Self-service Check-in Implementation in Singapore Changi Airport. *International Journal of Engineering Business Management* 2014, 6:6 | doi: 10.5772/56962
- LIN, C. H.; WU, C. W.; CHENG Y. H. The empirical study of consumers' loyalty for display technology. *Journal of Business Research*. Volume 68, Issue 11, November 2015, Pages 2260-2265

- LIN, L. C.; HONG, C. H. Operational performance evaluation of international major airports: An application of data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management* 12 (2006) 342–351
- MERKERT, R.; ASSAF, A. G. Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – Evidence from international airports. *Transportation Research Part A* 75 (2015) 42–50
- NICOLAU, J. L. e SANTA-MARÍA, M. J. Effect of innovation on airlines’ operating leverage: A Spanish case study. *Journal of Air Transport Management* 25 (2012) 44e46
- PACHECO, R. R.; FERNANDES, E. Managerial efficiency of Brazilian airports. *Transportation Research Part A* 37 (2003) 667–680
- PELS, E.; NIJKAMP, P.; RIETVELD, P. Inefficiencies and scale economies of European airport operations. *Transportation Research Part E* 39 (2003) 341–361
- ROSAS, J. H. A.; GEMOETS, L. A. Measuring the efficiency of Mexican airports. *Journal of Air Transport Management* 16 (2010) 343-345
- SENRA, L. F. A. C.; NANJI, L. C.; MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional*. vol.27 no.2 Rio de Janeiro May/Aug. 2007
- TOBIN, J. Estimation of relationship for limited dependent variables. *Econometrica*, v. 26, 1958.
- TSEKERIS, T. Greek airports: Efficiency measurement and analysis of determinants. *Journal of Air Transport Management* 17 (2011) 140-142
- TSUI, W. H. K.; BALLI, H. O.; GILBEY, A.; GOW, H. Operational efficiency of Asia e Pacific airports. *Journal of Air Transport Management* 40 (2014) 16-24
- UTTERBACK, J. M., 1996. *Mastering the Dynamics of Innovation*. Harvard Business School Press, Boston.
- WANKE, P.; BARROS, C. P. Efficiency thresholds and cost structure in Senegal airports. *Journal of Air Transport Management* 58 (2017) 100-112

Nathane Ana Rosa Negri (nathanenegri@gmail.com)

Giovanna Miceli Ronzani Borille (ronzani@ita.br)

Mauro Caetano (maurocaetano1912@gmail.com)

Viviane Adriano Falcão (viviane.falcao@uftm.edu.br)

Thiago Caliarì (caliari@ita.br)

Cláudio Jorge Pinto Alves (claudioj@ita.br)

Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Divisão de Engenharia Civil, Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – São José dos Campos, SP, Brasil