SATISFAÇÃO DOS PASSAGEIROS QUANTO AO TEMPO EM FILA APLICANDO ANÁLISE ENVOLÓRIA DE DADOS EM AEROPORTOS PÚBLICOS E CONCEDIDOS

Fernanda Silva Toledo
Instituto Militar de Engenharia
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro -RJ – byfernandatoledo@gmail.com

Reinaldo Moreira Del Fiaco
Instituto Militar de Engenharia
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro -RJ – cmtefiaco@gmail.com

Paulo Afonso Lopes da Silva
Instituto Militar de Engenharia
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro -RJ – pauloafonsolopes@ime.eb.br

RESUMO

Com o intuito de viabilizar investimentos e reduzir burocracias no aprimoramento da infraestrutura de aeroportos brasileiros, o Governo Federal optou pela concessão desses à inciativa privada. Desse modo, torna-se importante avaliar os resultados das concessões quanto à satisfação dos passageiros. O objetivo deste artigo é aplicar Análise Envoltória de Dados (DEA) nos principais aeroportos brasileiros e identificar os mais eficientes no âmbito de satisfação ao usuário a partir de tempos de fila. A partir de Análise em Janela, com dados de 2013 a 2017, identificou-se o aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro, como aquele com melhores práticas. Entretanto, tal não ocorreu com os concedidos, porque apenas um deles, Campinas, obteve a terceira colocação em relação aos quatro primeiros colocados do ranking.

Palavras-chave: Aeroportos, Concessão, Satisfação ao passageiro, DEA.

ABSTRACT

In order to make feasible investments and reduce bureaucracies in the improvement of Brazilian airports' infrastructure, the Federal Government opted for the concession of these to the private initiative. Thus, it is important to evaluate the results of the concessions in terms of passenger satisfaction from queue times. The objective of this paper is to apply Data Envelopment Analysis (DEA) in the main Brazilian airports and to identify the most efficient ones in terms of user quality perception. Window analysis was used, with data from 2013 to 2017, and Santos Dumont airport was identified with best practices. However, this did not happen with the ones under concession, because only one of them, Campinas, get the third place in the top four ranking.

Keywords: Airports, Concession, Passenger Satisfaction, DEA.

1. INTRODUÇÃO

A demanda de transporte aéreo passa por oscilações decorrentes do cenário econômico em que se encontra. Além da infraestrutura condizente com a demanda, o nível de serviço também deve se manter adequado mesmo com as variações de movimentação.

Nesse contexto, nível de serviço representa a qualidade de serviços prestados em determinado setor, caracterizado pela percepção do usuário a um determinado serviço.

A qualidade nos transportes tornou-se medida fundamental para avaliar o nível de serviço de indústrias de diversos mercados, uma das questões mais frequentes para operadores aeroportuários internacionalmente.

Em especial, o terminal de passageiros é onde o passageiro passa maior parte do tempo, e apresenta função de mecanismo de transferência do solo ao transporte aéreo. Ademais, os aeroportos internacionais devem oferecer todas as facilidades necessárias para atender a todas as exigências do destino.

Como maneira de compensar a defasagem de investimentos e infraestrutura em aeroportos brasileiros, o Governo Federal optou pela concessão de alguns dos principais aeroportos de forma gradual. O intuito é mantê-los como pertencentes à União após o período de concessão, cujo foco é aliar-se à iniciativa privada para melhoria da infraestrutura e gerenciamento, reduzindo assim a burocracia de investimentos governamentais.

A percepção dos usuários relacionada à satisfação sobre os diversos componentes do terminal de passageiros (TPS) motiva a administração aeroportuária a priorizar investimentos com maior precisão e analisar o desempenho de suas ações. Nesse contexto, muito estudos têm focado na investigação do impacto das diferentes formas de propriedade, como a privatização, na performance de aeroportos (Bandeira, 2008). No geral, os aeroportos privados tendem a ser mais eficientes que os de administração pública (Barros e Dieke, 2007; Merkert e Mangia, 2014; Fiaco *et al.*, 2016).

Conforme Abreu (2008), as necessidades dos aeroportos devem ser observadas pela ciência a fim de contribuir com o equilíbrio do mercado por meio da prática da concorrência, estabelecendo *benchmarks* e parâmetros que componham o sistema de transporte aéreo.

Indicadores de desempenhos são instrumentos fundamentais para controle da gestão, permitindo verificar a eficiência na administração tanto pública quanto privada ao longo de diferentes períodos e localidades. Apresenta funções como melhoria contínua, práticas de *benchmarking* e gerenciamento da qualidade (Silva e Meira, 2016).

O objetivo deste artigo é identificar quais aeroportos geram maiores índices de satisfação ao usuário a partir de menor tempo de fila, e a avaliação das concessões nesse âmbito. Para tanto, foi utilizada uma amostra de quatorze principais aeroportos brasileiros e avaliados usando a técnica Análise Envoltória de Dados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Satisfação ao usuário em aeroportos

Nível de serviço representa conceito amplo e complexo que permite definições diversas. Pode ser interpretado como uma medida global de características de serviço. A partir desta, obtém-se aspectos de qualidade do serviço (Falcão *et al.*, 2011).

Em aeroporto, o nível de serviço pode abranger o ponto de vista de passageiros, companhias aéreas e operadores aeroportuários, cada qual com percepções e demandas individuais de qualidade (Bandeira, 2008). Representa, conforme Andreatta *et al.* (2007) a qualidade e condições de serviços segundo a percepção do passageiro. A partir de então, metas podem ser estabelecidas para manter a reputação de um aeroporto e comprometimento com custos e setor econômico.

Para avaliar a satisfação dos passageiros no Aeroporto Internacional Augusto Severo em Parnamirim – RN, Mattozo *et al.* (2012), aplicou o Modelo Fodness & Murray (2007). Para medir a confiabilidade da escala, utilizaram o coeficiente alfa de Cronbach e a análise condicional estatística por método *forward stepwise* com pesos estimados por

razão de verossimilhança. Com isso, identificaram que os principais indicadores de satisfação são: confiança, serviços prestados, comodidades e qualidade interna.

Bezerra e Gomes (2015) identificaram as dimensões da qualidade dos serviços relacionados ao aeroporto e examinaram seus efeitos na satisfação geral dos passageiros. A pesquisa foi aplicada no Aeroporto Internacional de Guarulhos – SP, por meio de Pesquisa de Satisfação da Secretária de Aviação Civil (SAC). No primeiro estudo foi utilizado o Alpha de Cronbach para validar as escalas e no segundo, o modelo de regressão logarítmica para relacionar os efeitos da qualidade com a satisfação dos usuários. Os resultados apontaram para existência desse relacionamento entre a qualidade e a satisfação.

Mesmo a configuração arquitetônica deve ser adequada para o fluxo dos passageiros, foco de estudo de Ronzani (2007), dada a dificuldade de que muitos passageiros apresentam para se localizarem no terminal. Utilizou a Análise Multivariada em onze importantes aeroportos brasileiros, propondo ações corretivas como a adoção de sinalização em todos os pontos de decisão do terminal.

Fiaco *et al.* (2016a) analisaram a sinalização aeroportuária por meio da percepção dos usuários a partir dos dados da Pesquisa de Satisfação realizada pela SAC e baseando-se na Teoria dos Três "Es" da engenharia de tráfego e da Teoria Matemática da Comunicação. Com a análise de estatística descritiva, mostraram que os aeroportos de administração pública possuem maiores médias quanto à facilidade de se encontrar o caminho desejado, painéis de informação e sensação de segurança.

Pereira *et al.* (2014) verificaram que o preço do transporte individual de passageiro ou do transporte coletivo interfere na satisfação dos usuários no Aeroporto Internacional Tancredo Neves – MG. Além disso, verificaram a satisfação quanto a sensação de segurança, tempo de espera, eficiência em *check-in*, inspeção de segurança, concessões de lojas e seus preços. Por meio de uma análise estatística não-paramétrica, identificou que os preços interferem na satisfação dos usuários. A redução no tempo de filas no *check-in* e na inspeção geram aumento na satisfação e na sensação de conforto no terminal.

Para relacionar as percepções dos usuários com o tempo medido de fila do *check-in*, Fiaco *et al.* (2016b) aplicaram a Análise de Variância (ANOVA). Os aeroportos concessionados apresentaram uma tendência de redução do tempo de filas e de aumento da nota atribuída à percepção dos usuários. Dessa forma, rejeitada a hipótese de não haver influência do tempo de fila na percepção dos usuários.

Mensurar a satisfação dos passageiros é o elemento chave para a prosperidade de um negócio em transportes, no qual as melhorias na qualidade de serviços precisam ser constantes. Tsafarakis *et al.* (2018) desenvolveram uma estrutura hierárquica para dimensionar a satisfação dos passageiros, com os critérios de política de preço, acesso aos canais de venda, horários dos voos, serviços aeroportuários, o próprio voo e o pós-voo. Foi aplicado o método Análise de Satisfação Multicritério, no qual os pesos e índices combinados, plotados em painel, mostram se os passageiros estão em *status quo*, ou transferem as responsabilidades dos serviços, oportunidades de ações e oportunidades de alavancagem. Resultou na necessidade de melhorias na maioria dos itens avaliados, sugerindo futuras pesquisas de *benchmarking*.

Falcão *et al.* (2011) avaliam e propõem padrões de nível de serviço baseado na opinião de passageiros do Aeroporto Internacional de Campinas. A pesquisa *survey* foi realizada no saguão de restituição de bagagens do desembarque doméstico. Em seguida foi utilizada regressão linear para investigar relacionamento causal entre a avaliação quantitativa feita pelos usuários e o tempo de espera na restituição de bagagem.

Concluíram ainda que os passageiros do aeroporto de Campinas são mais exigentes quando comparados aos do Aeroporto Calgary no Canadá, ao analisar os padrões propostos em cada aeroporto para cada nível de serviço de a 1 a 5. Assim, o melhor nível de serviço apresentava tempo de espera bem menor em Campinas.

Mumayiz e Ashford (1986) desenvolveram um modelo de percepção e resposta de serviço a partir do tempo de

processamento, dividido em três níveis de serviço. Plotaram curvas de resposta desagregadas quanto aos tempos de processamento em cada uma das instalações, para relacionar a demanda com o nível de serviço prestado. Foi usada a técnica de simulação para gerar índices de capacidade de acordo com demandas diferentes.

Seneviratne e Martal (1991) propuseram padrões de nível de serviço em diversos componentes do terminal aeroportuário no Canadá. Com isso, constataram que componentes referentes a tempo e a distância são os de maior importância na análise da qualidade de serviço prestado.

Yen *et al.* (2001) também estudaram avaliação de qualidade e nível de serviço em Taiwan através de um modelo quantitativo para identificar o nível de serviço. Avaliações subjetivas são consideradas a respeito de medidas temporais relacionadas aos vários componentes de processamento do terminal de passageiros (TPS).

Yeh e Kuo (2002) analisaram nível de serviço de 14 aeroportos internacionais da Ásia-Pacífico agregando indicadores de mesmo nicho. Os atributos foram o conforto, tempo de processamento, conveniência, cortesia, visibilidade e facilidade de informação além de segurança.

Correia (2005) propôs uma medida global para obtenção do nível de serviço pela utilização de atributos chave como o tempo de processamento, o espaço disponível, distância durante o percurso. Utilizaram dados de Calgary (Canadá) e Guarulhos. Este último foi foco de estudo de Correia *et al.* (2006) para identificar uma relação entre os padrões de nível de serviço estabelecidos, sendo estes de A até E, com indicadores inclusos na pesquisa com os passageiros.

Oliveira *et al.* (2006) também estudaram o Aeroporto de Guarulhos além de Congonhas a fim de que comparar o nível de serviço entre os aeroportos. Os critérios de avaliação abrangiam desde a eficiência e o custo até facilidades de acesso, tempo e distância.

Bandeira (2008) focou no nível de serviço do TPS de Guarulhos, a fim de relacionar o grau de importância de cada indicador da pesquisa com o nível final de satisfação. Identificou como componentes críticos o tempo de processamento durante o *check-in* e o conforto da sala de embarque.

Contata-se uma maior importância ao tempo de processamento de *check-in*, conforto e atendimento na sala de embarque, segundo dados do Aeroporto de Fortaleza (Bandeira, 2008)

2.2. Uso de DEA para satisfação ao usuário

A técnica DEA é usada geralmente para calcular eficiência financeira e operacional em diversos setores, porém também pode contribuir para avaliação de qualidade e satisfação ao usuário. Inclusive cenários de diferentes variáveis refletem na alteração da eficiência relativa entre as unidades. Por exemplo, Souza *et al.* (2017) abordam eficiência em gestão de responsabilidade socioambiental, com foco em hotéis-fazenda de Pernambuco.

Assim, utiliza Análise Envoltória de Dados para obter uma eficiência sustentável, a partir do modelo BCC orientado a *input*. Utilizou variáveis de entrada referentes ao contexto do estudo, mas incluiu como variável de saída um índice de satisfação dos clientes.

Na prática as variáveis são determinadas pela disponibilidade de dados, assim como a experiência na formulação e implementação de planos operacionais (HWANG e CHANG, 2003).

No âmbito aeroportuário, Higgins *et al.* (2008) avaliaram a qualidade dos serviços das empresas aéreas utilizando a técnica DEA, por meio do *Air Travel Consumer Report* mantido pelo Departamento de Transporte (USDOT). Os itens avaliados são: atrasos, *overbooking* e perca de bagagens. Os dados de 2002 até 2006 foram usados em uma única aplicação. Indica como vantagem do método o fato de que se implementar outros fatores de qualidade, o DEA preservará o ranking.

Yoshida e Fujimoto (2004) aplicaram a DEA para mensurar a eficiência dos aeroportos japoneses, dadas as críticas quanto à ineficiência de pequenos aeroportos regionais e os resultados confirmaram a ineficiência desses aeroportos.

Curi *et al.* (2010), Wanke (2012b), Rodrigues e Castro (2012), utilizaram a Análise Envoltória de Dados (DEA) para

analisar a quantidade de componentes físicos dos aeroportos quanto à eficiência operacional.

Wanke (2012a) utilizou o DEA para mensurar a eficiência operacional quanto à atratividade dos voos, e para isso dividiu os aeroportos brasileiros em quatro grupos. (1) Aeroportos *hubs* de áreas metropolitanas; (2) Aeroportos pequenos, com poucas infraestrutura e consolidação de voos; (3) Aeroportos com pouca infraestrutura e próximos às áreas metropolitanas; (4) Aeroportos de infraestrutura média e de regiões turísticas, que apresentam sobrecarga quanto ao processamento de passageiro e aeronaves, o que afeta a infraestrutura e o nível de serviço.

Merkert e Assaf (2015) utilizaram DEA BCC para estimar a percepção de qualidade juntamente com a rentabilidade dos aeroportos. Utilizaram dados de aeroportos internacionais, como os *inputs*: comprimento de pista, tamanho do terminal e grau de envolvimento dos trabalhadores. E *outputs*: movimentação de passageiros, movimentação de carga, movimentação de aeronaves, razão do lucro gerado, pesquisa de satisfação da SKYTRAX (de 1 a 5) e avaliação dos usuários (de 1 a 10).

Fernandes e Pacheco (2002) realizaram análise de capacidade de 35 aeroportos brasileiros domésticos. Relatam que passageiros de aeroportos internacionais ou domésticos apresentam diferentes percepções de nível de serviço. Passageiros de aeroportos domésticos se mostram mais tolerantes quanto ao tempo de espera em fila, exigindo maior eficiência dos sistemas em aeroportos internacionais. A inconformidade entre capacidade e demanda geram sobrecarga ou ociosidades dos recursos disponíveis. Dessa forma, o estudo estabelece relação entre a demanda de passageiros e o nível de serviço oferecido.

Utilizaram a técnica DEA com *output* de movimentação de passageiros domésticos, e *inputs*: área de terminal, sala de embarque, número de balcões de check-in, frente do meio-fio, número de vagas de estacionamento para veículos e área de restituição de bagagem. Foi aplicado modelo BCC orientado para maximizar *outputs*, além do CCR com mesma orientação. Dentre a amostra, 19 aeroportos foram considerados ineficientes e sugerem ampliar os *inputs* como o número de facilidades.

Ramos (2016) aplicou o método DEA vertente CCR orientado a *output*, com o objetivo de mensurar a eficiência na relação de *outputs* e *inputs* nos processos de embarque e desembarque de passageiros e restituição de bagagens. Foi aplicado DEA orientado a *output* para uma amostra de 11 dos aeroportos pertencentes à pesquisa de satisfação.

Utilizou o tempo de processamento de filas de check-in (usando percentil de 95%), tempo de restituição de bagagem, tempo de fila no canal de inspeção de passageiros como *inputs* e gerando os *outputs* movimentação de embarque de passageiros e movimentação de pousos de aeronaves. O objetivo foi analisar a eficiência operacional dos aeroportos no processo de embarque e desembarque de passageiros. Para isso, apresentou medição antes e após procedimento de melhoria, através de tempos de fila por se tratar de medidas naturalmente comparáveis. Nota-se que tempos de espera em fila são fatores significativos na determinação da qualidade de serviço.

2.3. Pesquisa de Satisfação do Passageiro

A Secretaria Nacional de Aviação Civil publica pesquisa que mede a satisfação dos passageiros a cada trimestre desde o início de 2013. Fazem parte deste estudo 38 itens de infraestrutura, qualidade do atendimento, serviços prestados e itens de gestão referentes aos principais aeroportos brasileiros.

Tal mapeamento possibilita o monitoramento do desempenho operacional dos terminais assim como a percepção de usuário sobre o serviço, por parte do governo. Essas informações garantem fundamentos para o planejamento de políticas públicas.

As pesquisas são realizadas pela Praxian – Business & Marketing trimestralmente, e os resultados disponíveis no segundo mês subsequente. Mantém um nível de confiança de 95% no levantamento, uma margem de erro de 5%.

Em 2013, a pesquisa encobria apenas 15 aeroportos. Atualmente, em 2018, a pesquisa engloba 20 aeroportos principais, acrescidos,

portanto os aeroportos de Belém, Goiânia, Florianópolis, Maceió e Vitória

Apenas no segundo trimestre de 2014 os relatórios passaram a apresentar dados gráficos de tempo médio de espera em fila no check-in e tempo médio de espera em fila na inspeção de segurança. O relatório encobria o ano de 2013. Contudo o Aeroporto de Natal apenas apresenta esses dados a partir do segundo trimestre de 2014, por isso não está na amostra deste estudo.

A Pesquisa de satisfação também permite que ações de gestão sejam realizadas com o intuito de melhorar o nível dos serviços prestados. Os aeroportos inicialmente foram selecionados por seu envolvimento nos eventos mundiais que o Brasil sediaria, como Copa das Confederações da FIFA de 2013, Jornada Mundial da Juventude, Copa do Mundo da FIFA 2014 e Olimpíadas 2016, além de sua área de influência.

Além de dados gerais do perfil dos passageiros, o questionário padrão contempla indicadores referentes a:

- Aeroporto: 20 itens como painéis de informação de voos, disponibilidade de assentos na sala de embarque, disponibilidade de meio-fio, facilidade para realizar conexões;
- Aeroporto Comercial: 12 itens como quantidade e qualidade de lanchonetes/restaurantes, tempo de fila nesses locais, valor dos produtos comerciais, disponibilidade de bancos/caixas eletrônicos/ casas de câmbio;
- Companhia Aérea: 6 itens como tempo de fila no check-in de guichê e de autoatendimento, velocidade da restituição de bagagem, integridade de bagagem;
- Órgãos Públicos: 6 itens como tempo de fila na emigração, imigração e aduana; e
- Transportes: referente ao transporte público e à disponibilidade de táxis.

O questionário foi aplicado a passageiros em salas de embarque, e construído um índice de 1 a 5, escala Likert, para cada um dos 46 itens e posteriormente um índice que representa a satisfação geral do passageiro.

Os aeroportos no escopo desde o início são os apresentados na **Tabela 1**, divididos em milhões de passageiros movimentados por ano.

Tabela 1: Aeroportos da Pesquisa de Satisfação divididos em passageiros ao ano

até 5 milhões	5 a 15 milhões	mais de 15 milhões
Cuiabá	Campinas	Brasília
Manaus	Confins	Congonhas
Natal	Curitiba	Galeão
	Fortaleza	Guarulhos
	Porto Alegre	
	Recife	
	Santos Dumont	
	Salvador	

2.4. Teoria das filas

A formação de filas é inerente a qualquer sistema que apresente mais clientes que servidores em atendimento, quando a procura deste sobressai a sua capacidade.

Um sistema de filas compõe clientes entrando, clientes a espera, em atendimento e saindo após serviço. Essa lógica pode ser aplicada a diversas situações, como escalonamento de processos em um computador, fluxo de tráfego de veículos ou pessoas em locais de prestação de serviços bancários.

O processo de chegada apresenta um padrão com comportamento estocástico, sendo preciso identificar a distribuição de probabilidade que melhor representa os tempos entre chegadas. A distribuição do tempo de serviço também apresenta características próprias. Sendo a capacidade do sistema representada pelo número máximo suportado de clientes, incluindo os em atendimento e em espera.

A disciplina de atendimento em questão é o FIFO (*First In, First Out*), em que o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido, e o mesmo ocorre nas filas de prioridade.

O estudo das filas é importante para planejamento da capacidade de um sistema. Inclusive IATA (2004) indica área para fila de *check-in* específica para cada nível de serviço de A até E, de acordo com a porcentagem de passageiros utilizando carrinhos de bagagem.

Segundo níveis de conforto para voos domésticos determinados pela IATA (2004) para os processos de *check-in* e canal de

inspeção de passageiros, o tempo desejável para check-in é de até 12 minutos, e de 12 a 30 minutos como aceitável. Na inspeção de passageiros, o tempo desejável é de 3 minutos e o aceitável, de 3 a 7 minutos.

2.5. Análise Envoltória de Dados

A técnica DEA – do inglês, *Data Envelopment Analysis*, termo utilizado em português como Análise Envoltória de Dados – surge para medir produtividade em unidades de negócio. Tem recebido notável atenção pela academia e cuja aplicação se adequa a diversos setores da economia (WANKE *et al.*, 2009).

Baseia-se em programação linear, não paramétrica, por não apresentar função pré-definida na análise da relação insumo-produto-eficiência. Assim, ajusta cada dado individual para estabelecer uma Fronteira de Eficiência definida por unidades em que não se é possível beneficiar mais uma característica sem desmerecer as demais, as chamadas Pareto-Eficientes (WANKE *et al.*, 2009).

Por conseguinte, a técnica identifica unidades mais eficientes em uma amostra e fornece para as outras Unidades de Tomada de Decisão (DMUs) uma medida da ineficiência.

Não se determina, portanto, uma eficiência absoluta, mas se compara as unidades produtivas entre si e as ordena, levando em consideração os insumos utilizados e produtos gerados (WANKE *et al.*, 2009; FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R., 2012).

O método é fundamentado em pesquisa operacional através da maximização dos pesos das variáveis a para obter de forma benevolente o maior índice possível.

2.5.1. Modelo DEA BCC

Modelo nomeado em reconhecimento aos autores Banker, Charles e Cooper (1984). Difere-se do modelo de retornos constantes de escala por uma premissa mais realista baseada em uma constante de convexidade $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$, que modifica a reta da Fronteira de Eficiência para um cone convexo (WANKE *et al.*, 2009).

Dessa maneira, o modelo substitui a proporcionalidade do modelo inicial CCR, caracterizando uma fronteira convexa. Isso permite que DMUs com baixos valores de *inputs* tragam retornos crescentes de escala, visto que é viável do ponto de vista financeiro, enquanto as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes.

Matematicamente o modelo pode ser expresso segundo Wanke *et al.*, 2009:

$$Min\ \theta_j - \varepsilon \left(\sum s_r^{\ s}_{r=1} + \sum s_i^{\ m}_{i=1} \right) \quad (5)$$

Sujeito a:

$\sum \lambda_j\ x_{ij}{}^{n}_{j=1} + s_i^- = \theta_j x_{ij}\ para\ i = 1, \dots, m$ (6)

$\sum \lambda_j\ y_{rj}{}^{n}_{j=1} + s_r^+ = y_{rj}\ para\ r = 1, \dots, s$ (7)

$\sum \lambda_j{}^{n}_{j=1} = 1\ para\ j = 1, \dots, n$ (8)

$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0\ para \forall\ i, j, r$ (9)

$\theta\ sem\ restrição$

Em que:

λ_j= representa as facetas (pesos) atribuídas aos *outputs* r e *inputs* i, com a soma restrita a 1, garantindo a convexidade da fronteira de eficiência.

s_r^+ = representa as folgas atribuídas aos *outputs* r,

s_i^- = representa os excessos atribuídos aos *inputs* i

y_{rj} = quantidade observada do *output* r para a unidade j,

x_{ij} = quantidade observada do *input* i para a unidade j,

n = total de unidades em análise,

s = total de *outputs*,

m = total de *inputs*,

ε= é o menor número positivo não arquimediano.

3. MÉTODO

Neste artigo foi usada a Análise Envoltória de Dados com modelagem BCC orientado a *input.*

As variáveis utilizadas foram:

Inputs:

- Tempo de Fila no *check-in* (guichê) em horas. Obtido através da Pesquisa de Satisfação do Passageiros divulgada pela Secretaria Nacional de Aviação Civil trimestralmente. Foi utilizada a média do tempo de passageiro doméstico e internacional a cada

trimestre. E a partir dos trimestres foi encontrada a média anual.

- Tempo de fila na inspeção de segurança em horas. A partir da média trimestral entre o tempo de espera do passageiro doméstico e internacional. Obtido na Pesquisa de Satisfação do Passageiro.

E o *output*:

- Satisfação geral do aeroporto. A média dos índices trimestrais da Pesquisa de Satisfação do Passageiro.

A orientação a *input* garante que, fixado o *output* analisado, encontre-se qual seria o menor tempo de fila possível, possibilitando assim a criação de metas para cada aeroporto. Assim o resultado DEA torna-se útil, pois os *inputs* são mais passíveis de mudança, em detrimento dos *outputs* que dependem de fatores que vão além dos gerenciais.

3.1. Análise em Janela

Quando se obtém dados de recursos e insumos de vários anos das mesmas DMUS, é possível avaliar sua performance durante os anos. Para tanto cada aeroporto em cada ano específico será trabalhado como uma DMU diferente.

Processar os dados para cada ano individualmente impossibilitaria uma avaliação de evolução no tempo. Por outro lado, usar uma única aplicação de modelo para dados de vários anos ignora a ideia de evolução da tecnologia ao longo do tempo, portanto, torna inviável a comparação da atuação de um aeroporto em anos diferentes, pois cada ano traz tecnologia diferente de transformação de insumos em produtos e, com isso, diferentes condições de contorno.

Como a eficiência calculada é uma eficiência relativa, obter, por exemplo, uma eficiência de 100% em um ano e 90% no seguinte pode indicar que as outras unidades melhoraram e a DMU em análise permaneceu constante.

Para resolver esse impasse são utilizadas várias aplicações, em uma análise em janela. Cada aplicação de DEA é chamada janela, contando dados de diferentes anos. As formulações básicas dessa análise apresentam bases empíricas.

Em geral o tamanho da janela (p) e o número de janelas são apresentados pelas seguintes fórmulas:

$$Tamanho\ da\ janela\ (p) = \frac{k+1}{2} \qquad (1)$$

$$Número\ de\ janelas\ = k - p + 1 \qquad (2)$$

Dessa forma, com dados de 5 períodos (de 2013 a 2017), o tamanho da janela será de 3 períodos, utilizando a equação (1). Assim serão necessárias ao todo 3 janelas, equação (2).

Primeira janela: de 2013 a 2015, a segunda de 2014 a 2016, e a terceira de 2015 a 2017. Para auxiliar na análise é interessante comparar as médias e desvio padrão para mostrar se determinado setor se manteve estável ou não.

4. RESULTADOS

Os dados foram processados no Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD), *software* implementado por Ângulo-Meza *et al.* (2003). As eficiências foram aferidas para cada aeroporto considerando cada ano de um mesmo aeroporto como uma Unidade Tomadora de Decisão (DMU) diferente

Dessa maneira, a Análise em Janelas possibilita considerar a evolução da tecnologia ao longo dos anos.

A Análise em Janela necessitou de três processamentos de dados no programa SIAD, representando as três janelas necessárias. A partir delas, foi possível obter a média de cada aeroporto para cada janela e em seguida a média geral apresentada na **Tabela 2**.

O aeroporto com maior média foi o aeroporto Santos Dumont (78,14%). Seguido pelo Aeroporto de Curitiba (77,91%), Campinas (66,30%) e Congonhas (60,58%) em quarto colocado. Nota-se uma variação nas eficiências aferidas ao longo do tempo, caracterizando um alto desvio padrão.

Na Janela 2, a entrada de Curitiba (2016) e Santos Dumont (2016) ocasionaram queda expressiva na eficiência das demais unidades comparativas. Isso significa que os desempenhos das duas unidades introduzidas foram excepcionais em comparação às outras.

Tabela 2: Resultado DEA BCC para as três janelas

ICAO	Janela 1	Janela 2	Janela 3	Média	Desvio Padrão
SBRJ	100,00%	66,67%	67,75%	**78,14%**	18,94%
SBCT	85,59%	65,18%	82,97%	**77,91%**	11,10%
SBKP	100,00%	42,00%	56,91%	**66,30%**	30,12%
SBSP	100,00%	44,44%	37,30%	**60,58%**	34,32%
SBCF	73,87%	37,77%	59,84%	**57,16%**	18,20%
SBCY	92,41%	39,98%	35,44%	**55,94%**	31,67%
SBBR	70,54%	39,44%	55,05%	**55,01%**	15,55%
SBRF	64,90%	30,63%	33,78%	**43,11%**	18,94%
SBPA	58,29%	28,21%	27,73%	**38,08%**	17,51%
SBFZ	57,04%	25,62%	27,38%	**36,68%**	17,65%
SBGL	54,68%	22,87%	22,79%	**33,45%**	18,39%
SBGR	42,56%	24,13%	25,46%	**30,72%**	10,28%
SBSV	30,66%	14,90%	17,74%	**21,10%**	8,40%
SBEG	23,77%	9,20%	12,97%	**15,31%**	7,56%

Apenas as duas obtiveram 100% de eficiência, enquanto as outras tiveram índice de no máximo 53,33% obtida por Brasília (2016). Campinas (2014), Congonhas (2014 e 2015) também conquistaram 50%.

O mesmo aconteceu na Janela 3, em que houve a inclusão de Campinas (2017) e Curitiba (2017). Estas juntamente com Curitiba (2016) e Santos Dumont (2016) foram as únicas eficientes dessa Janela, enquanto as outras tiveram eficiência de no máximo 71,82% obtida por Brasília (2017), 53,24% por Santos Dumont (2017), 53,33% por Brasília (2016). Congonhas (2015) e Santos Dumont (2015) também tiveram eficiência de 50%.

O ranking obtido corrobora com os resultados de Ramos (2016), em que Santos Dumont e Congonhas também tiveram destaque, porém baseado em amostra diferente e *output* de geração de movimentação e não de satisfação ao usuário.

Tabela 3: Resultado de Janelas aeroporto Santos Dumont

Aeroporto	Janela 1	Janela 2	Janela 3
SBRJ_2013	100,00%		
SBRJ_2014	100,00%	50,00%	
SBRJ_2015	100,00%	50,00%	50,00%
SBRJ_2016		100,00%	100,00%
SBRJ_2017			53,24%
Média	100,00%	66,67%	67,75%

Nota-se que o Aeroporto Santos Dumont (**Tabela 3**), foi o que conseguiu obter maior índice de satisfação com menor tempo de filas, caracterizando-se o mais eficiente nessa transformação. Contudo apresenta um desvio padrão de 18,94% entre as médias das janelas. Isso ocorre pela melhoria de performance no ano de 2016, tornando a performance dos anos anteriores ínfera.

A inclusão de 2017 também não atingiu os patamares do ano anterior, tornando sua performance inferior comparativamente.

Tabela 4: Resultado de Janelas Aeroporto de Curitiba

Aeroporto	Janela 1	Janela 2	Janela 3
SBCT_2013	100,00%		
SBCT_2014	56,76%	23,53%	
SBCT_2015	100,00%	72,01%	48,91%
SBCT_2016		100,00%	100,00%
SBCT_2017			100,00%
Média	85,59%	65,18%	82,97%

O Aeroporto de Curitiba (**Tabela 4**) foi um exemplo de melhoria de desempenho ao longo dos anos. A inclusão de 2016 e em seguida de 2017 ocasionou em evolução de performance se mantendo sempre na Fronteira de Eficiência nas três janelas da análise. A melhoria excessiva nos anos adicionados encobria os anos anteriores, reduzindo sua eficiência nas janelas subsequentes.

Tabela 5: Resultado de Janelas aeroporto de Confins

Aeroporto	Janela 1	Janela 2	Janela 3
SBCF_2013	66,67%		
SBCF_2014	63,10%	30,77%	
SBCF_2015	91,86%	44,44%	44,44%
SBCF_2016		38,10%	38,10%
SBCF_2017			96,99%
Média	73,87%	37,77%	59,84%

Confins (**Janela 5**) alcançou alto índice de eficiência na primeira janela. Apesar da redução na segunda janela, conseguiu um aumento em 2017 maior que o desempenho de 2015.

Cuiabá e Congonhas foram classificados como eficientes na primeira Janela, porém o desempenho caiu nas seguintes.

Tabela 6: Resultado de Janelas aeroporto de Campinas

Aeroporto	Janela 1	Janela 2	Janela 3
SBKP_2013	100,00%		
SBKP_2014	100,00%	50,00%	
SBKP_2015	100,00%	39,60%	37,24%
SBKP_2016		36,40%	33,49%
SBKP_2017			100,00%
Média	100,00%	42,00%	56,91%

Campinas esteve localizada na Fronteira de Eficiência na primeira Janela nos três anos que a compõem (**Tabela 6**), porém apenas aumentou seu desempenho com a inclusão de 2017.

Como foi utilizado o modelo BCC, dessa forma, um modelo radial, as eficiências aferidas podem ser interpretadas como o quanto cada variável deve ser reduzida ou acrescida para alcançar a Fronteira de Eficiência. Assim indicará o quanto todas os *inputs* devem reduzir equiproporcionalmente ou o quanto os *outputs* deveriam aumentar equiproporcionalmente.

A orientação a *input* significa que os índices encontrados são o quanto cada *input* deveria ser reduzido para compor a Fronteira de Eficiência. Por exemplo, o Aeroporto de Santos Dumont em 2017 na Janela 3, teve índice de 53,24%. Isso quer dizer que tanto o tempo em fila no check-in (guichê) quanto o tempo de fila na inspeção de segurança poderiam ser reduzidos em 46,76%. Isso por ter sido encontrada uma folga no tempo de fila que poderia ser reduzido.

Dentre os quatro melhores colocados no ranking de aeroportos, encontram-se três aeroportos públicos (Santos Dumont, Curitiba e Congonhas), e apenas o Aeroporto de Campinas como concedido, ocupando terceiro colocado no ranking (**Tabela 7**).

Em seguida se encontram todos os outros concedidos e apenas Manaus com mau desempenho entre os públicos, ocupando o último lugar.

Contudo, três aeroportos do estudo foram concedidos apenas em 2017, caso de Porto Alegre, Fortaleza e Salvador, que ocupam respectivamente os 9º, 10º e 13º colocados.

Tabela 7: Ranking segundo a propriedade

Ranking	ICAO	Tipo de propriedade
1º	SBRJ	Público
2º	SBCT	Público
3º	SBKP	Concedido em 2012
4º	SBSP	Público
5º	SBCF	Concedido em 2013
6º	SBCY	Público (Pertencente ao Programa de Desestatização)
7º	SBBR	Concedido em 2012
8º	SBRF	Público (Pertencente ao Programa de Desestatização)
9º	SBPA	Concedido em 2017
10º	SBFZ	Concedido em 2017
11º	SBGL	Concedido em 2013
12º	SBGR	Concedido em 2012
13º	SBSV	Concedido em 2017
14º	SBEG	Público

Campinas obteve o melhor desempenho dentre os concedidos, com a concessão ocorrendo em 2012. Contudo os outros aeroportos concedidos em 2012 estão em 7º e 12º colocados. Confins está localizado em quinto no ranking, representando concedidos de 2013.

A amostra também inclui dois aeroportos que estão no atual Programa Nacional de Desestatização, o Aeroporto de Cuiabá e Recife.

A média dos aeroportos concedidos é de 42,31% enquanto dos aeroportos públicos, de 55,17%. Contudo as concessões podem ser consideradas recentes, principalmente em relação aos concedidos em 2017, de forma com que melhorias e investimentos do contrato não foram realizados em sua totalidade. Sugere-se acompanhamento de sua performance ao longo dos anos seguintes para validar a melhoria de serviço prestado ao passageiro.

5. CONCLUSÃO

Indicadores de desempenho representam instrumentos fundamentais para controle da gestão e garantem verificar a eficiência na administração. Além disso, apresenta como funções a melhoria contínua, práticas de *benchmarking* e gerenciamento da qualidade.

O objetivo deste artigo é identificar, dentre os principais aeroportos brasileiros,

quais são mais eficientes em gerar maiores índices de satisfação ao usuário a partir de menor tempo de fila. O uso da Análise Envoltória de Dados permite obter um índice de eficiência para cada um dos aeroportos e avaliar a seu desempenho ao longo dos anos através da Análise em Janela.

A amostra representa quatorze aeroportos brasileiros, com dados de tempo de fila no *check-in* (guichê), tempo de fila de inspeção de segurança e como *output*, a percepção dos passageiros do aeroporto em escala Likert. O modelo BCC foi utilizado com orientação a *input* com o intuito de identificar os melhores tempos de fila como melhores práticas. A avaliação das concessões nesse âmbito é fundamental para garantir os níveis de serviço.

O aeroporto Santos Dumont foi o que apresentou maior eficiência com base na média das três janelas de dados processados.

Apesar de a amostra contar com três aeroportos concedidos em 2012 (Campinas, Brasília e Guarulhos), dois em 2013 (Confins e Galeão) e três em 2017 (Porto Alegre Fortaleza e Salvador), dos quatro primeiros colocados no ranking três são aeroportos públicos (Santos Dumont, 1º; Curitiba, 2º; Congonhas, 4º).

Além disso a amostra contém outros dois aeroportos pertencentes ao Programa de Desestatização do Governo Federal (Cuiabá e Recife).

Sugere-se que outros estudos sobre a satisfação e a eficiência dos passageiros em aeroportos públicos e concedidos sejam feitos para avaliar os próximos anos, e que os estudos com a técnica de DEA evoluam com a adição da quantidade de recursos físicos, no qual a amostra da pesquisa realizada pela SAC faz parte.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.E.L.V. (2008). Análise Sistêmica do Setor Aéreo Brasileiro: Propostas para o planejamento do setor. Dissertação de Mestrado em Transportes. Universidade de Brasília, Brasília, 157 f.

ANDREATTA, G.; BRUNETTA, L. e RIGHI, L. (2007) Evaluating terminal management performances using SLAM: The case of Athens International Airport. Computers and Operations Research 34, pp. 1532-1550, Elsevier.

ANGULO-MEZA, L., GOMES, E.G., SOARES DE MELLO, J.C.C.B., BIONDI NETO, L., 2003B. Fronteira DEA de dupla envoltória no estudo da evolução da ponte aérea Rio-São Paulo. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, RJ, Novembro.

ANGULO-MEZA, L.; MELLO, J. C. C. B.; BIONDI NETO, L.; GOMES, E. G. SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão: uma implementação computacional de modelos de análise de envoltória de dados.

ANGULO-MEZA, L.A., BIONDI NETO, L., SOARES DE MELLO, J.C.C.B., GOMES, E.G., 2003A. SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: uma implementação computacional de modelos de Análise Envoltória de Dados. I Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, Caderno de Resumos, 24, Niterói, RJ.

BANDEIRA, M.C.G. (2008). Análise do Nível de Serviço em Terminais de Passageiros Aeroportuários. Tese de Mestrado. Infraestrutura aeronáutica. Instituto Tecnológico da Aeronáutica: São José dos Campos.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W., 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 30(9), 1078-1092.

BARROS, C. P., DIEKE, P. U. C. (2007) Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management 13*. 184-191.

BEZERRA, G.C.L.; GOMES, C.F. The Effects of Service Quality Dimensions and Passenger Characteristics on Passenger's Overall Satisfaction with an Airport. Journal of Air Transport Management, 44-45, p.77-81.

CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E., 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal Of Operational Research, 2(6), 429-444.

CORREIA, A. R.; WIRASINGHE, S. C.; BARROS, A. G Overall level of service measures for airport passenger terminals. Transportation Research Part A, v. 42, p. 330-346, 2008.

CORREIA, AR. 2005. Evaluation of level of service at airport passenger terminals: individual components and overall perspectives. Ph.D. Thesis, University of Calgary, Canada.

CURI, C., GITTO, S., MANCUSO, P. (2010). New evidence on the efficiency of Italian airports: A bootstrapped DEA analysis. Socio-Economic Planning Science, 45, 84-93.

DNESS, D.; MURRAY, B. (2007) Passengers' expectations of airport service quality. Journal of Services Marketing, 21, p. 492-506.

FALCAO, V. A. e CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. J. Transp. Lit. [online]. 2012, vol.6, n.4, pp.133-146. ISSN 2238-1031.

FALCÃO, V.; ZIMMERMANN, N. B.; CORREIA, A. R. Análise de nível de serviço em componentes de desembarque de terminais de passageiros aeroportuários: Estudo de caso no Aeroporto Internacional de Campinas/Viracopos. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET. 2011.

FERNANDES, E.; PACHECO, R. R. Efficient use of airport capacity. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 36, Issue 3, March 2002, Pages 224-238.

FIACO, R.M.D.; CAMPOS, V.B.G.; SILVA, P.A.L. (2016b). Aplicação do Método Estatístico ANOVA Quanto à Percepção dos Usuários na Fila do Check-in em Aeroportos Públicos e Concessionados. Anais do XIV Rio de Transportes, Rio de Janeiro, 14f..

FIACO, R.M.D.; SILVA, P.C.M.; ALMEIDA, P.R.V.; GOIS, T.C. Análise da Sinalização Aeroportuária Através da Percepção do Usuário: Estudo entre aeroportos concessionados e de administração pública. Anais do XIX Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística, Ciudad de México, 11f. (2016a) FO

HIGGINS, K.M.; LAWPHONGPANICH, S.; MAHONEY, J.F.; YIN, Y. (2008). Evaluating Airline Service Quality by Data Envelopment Analysis. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, p.1-8.

HWANG, S.-N.; CHANG, T.-Y. Using data envelopment analysis to measure hotel managerial efficiency change in Taiwan. Tourism Management, v. 24, n. 4, p. 357-369, ago. 2003.

IATA. Airport development reference manual. by International Air Transport Association. Print book. English. 2004. 9th ed. Montrel

MATTOZO, T. C.; SILVA, G. S.; COSTA, J. A. F.; FERNANDES NETO, A. P. (2012). Aplicação Adaptativa do Modelo Fodness e Murrey na Avaliação da Satisfação de Passageiros no Aeroporto Internacional Augusto Severo Utilizando Regressão Multivariada. v. 2, n. 1, p. 58-74. Penedo: Revista Iberoamericana de Turismo. Acesso: 5 dez. 2014.

MERKERT, R., MANGIA, L. (2014) Efficiency of Italian and Norwegian airports: A matter of management or the level of competition in remote regions? *Transportation Research Part A 62*, p. 30-38.

MERKERT, R.; ASSAF, A. G. Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – Evidence from international airports. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 75, Maio 2015, pg. 42-50.

MUMAYIZ, S.; ASHFORD, N. Methodology for planning and operations management of airport terminal facilities. Transportation Research Record, 1094 (1986), pp. 24-35.

OLIVEIRA, de M.; POGIABELO, M. L.; COUTO, C. M. F.; CORREIA, A. A. R. (2006). Análise Multicritério para avaliação de nível de serviço em terminais de passageiros em aeroportos. Simpósio de Transporte Aéreo V, 2006, São Paulo, p. 191-201.

PEREIRA, A.C.C.; MOREIRA, C.M.; SOUZA, A.A. (2011). Avaliação da Percepção dos Passageiros Quanto à Qualidade dos Serviços Prestados pelas Empresas Aéreas e Pelo Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins/MG. Anais do XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. São Paulo.

RAMOS, W. L. Eficiência operacional nos processos de embarque e desembarque de passageiros e restituição de bagagens em aeroportos brasileiros. Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração das Faculdades Alves Faria. Goiânia, 2016.

RODRIGUES, A.C.; CASTRO, M.R. (2012). Eficiência Operacional dos Aeroportos Brasileiros. Anais do XV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. São Paulo.

RONZANI, G.M. (2007). Análise dos Principais Aeroportos Brasileiros Quanto à Orientação aos Passageiros. Tese de Mestrado. Infraestrutura aeronáutica. Instituto Tecnológico da Aeronáutica: São José dos Campos.

Secretaria Nacional de Aviação Civil. Pesquisa de Satisfação do Passageiros. Disponível em: < http://www.transportes.gov.br/pesquisa-satisfacao.html>. Acesso em 10/05/2018.

SENEVIRATNE, P.N.; MARTEL, N. (1991). Variables Influencing Performance of Air Terminal Buildings. Transportation Planning and Technology, 16(1), p. 3-28.

SILVA, R. H. S.; MEIRA, L. H. (2016) Análise de indicadores de desempenho de aeroportos: o aeroporto do Recife como estudo de caso**.** XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET.

SOUZA, V.; MELO, A. S.; SOBRAL, M. F. F.; VALENÇA, M. N. Uso da análise envoltória de dados para mensuração da sustentabilidade de hotéis-fazenda em Pernambuco. Interações, Campo Grande, v. 18, n. 1, p. 41-57, jan./mar. 2017.

TSAFARAKIS, S.; KOKOTAS, T.; PATOUVAKIS, A.; A Multiple Criteria Approach for Airline Passenger Satisfaction Measurement and Service Quality Improvement. Journal of Air Transport Management, 68, p. 61-75.

WANKE, P. (2012a). Capacity shortfall and efficiency determinants in Brazilian airports: Evidence from bootstrapped DEA estimates. Socio-Economic Planning Sciences. 1-14.

WANKE, P. (2012b). Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in Brazilian airports: A two-stage network-DEA approach. Journal of Air Transport Management, 31, 1-5.

WANKE, P. F.; SILVEIRA, R. V.; BARROS, F. G.; Introdução ao planejamento da infraestrutura e operações portuárias: aplicações de pesquisa operacional. São Paulo: Atlas, 2009.

YEH, C-H., & KUO, Y-L. (2002). Evaluating passenger services of Asia-Pacific international airports. Transportation Research Part E, 39-48.

YEN, J.R.; TENG, C.R., CHEN, P.S. (2001) Measuring the level of service at airport passenger terminals: comparison of perceived and observed time. Transportation Research Record, 1744, p.17-23.

YOSHIDA, Y.; FUJIMOTO, H. Japanese-airport benchmarking with the DEA and endogenous-weight TFP methods: testing the criticism of overinvestment in Japanese regional airports. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 40(6), p.533-546.