

Análise das relações entre tempo, custo e distancia de algumas viagens aéreas com a metodologia DEA

Vitor de Souza Lima¹, João Carlos Correia Baptista Soares de Mello² e Lidia Angulo Meza³

Resumo: A aviação brasileira sofreu grandes transformações desde a desregulamentação do setor, ocorrida no início do século XXI. Associados ao acirramento da concorrência por passageiros, outros fatores modificaram profundamente os contornos desse mercado: os efeitos da crise no transporte aéreo no país, um período de transtornos provocados por atrasos e cancelamentos de voos; a compra da Varig pela Gol, com o visível duopólio do setor; e, em seguida, a crise financeira global, iniciada em 2007 e agravada em 2008. É nesse cenário de turbulências que se insere este estudo, que buscou identificar, à luz dos conceitos de Análise de Envoltória de Dados, os voos são mais eficientes dentro de uma amostra de voos em rotas de grande demanda no mercado nacional, do ponto de vista do consumidor, a partir de uma análise de custos e benefícios fundamentais de uma viagem aérea. Também foi interesse dessa pesquisa apresentar os principais aspectos que posicionaram esses voos como eficientes dentro da amostra. Dentre os principais resultados destacam-se a esperada maior eficiência nas compras realizadas com antecedência e a situação de maior eficiência dos voos das duas maiores companhias analisadas.

Palavras-chave: transporte aéreo; análise envoltória de dados (DEA); apoio à decisão.

Abstract: Brazilian civil aviation underwent great changes ever since the sector was deregulated at the beginning of this century. Factors, other than increased competition for more passengers have deeply changed the market: the consequences of the country's air transport crisis; a period of difficulties caused by flight delays and cancellations; Varig purchased by Gol and resulting duopoly; and finally the global financial crisis that started in 2007 and worsened in 2008. This study is immersed in this period of turbulence: it tried to detect within the concepts of Data Envelopment Analysis the more efficient large demand domestic flights. It is a main basic costs benefits consumer oriented flight analysis. The research intended also to show the main aspects that made these flights efficient within the sample. The main conclusions include the greater efficiency of long-planned fare purchases and the higher efficiency flights operated by the two larger airlines, as expected.

Keywords: air transportation; data envelopment analysis (DEA); decision aid.

1. INTRODUÇÃO

O transporte aéreo brasileiro configura-se nos dias de hoje como um dos principais elos integradores da economia nacional, representando – em um país de dimensões continentais – um meio de transporte fundamental como diferencial logístico para o fluxo de pessoas e cargas.

Ao longo dos últimos vinte anos, esse modo de transporte vivenciou no Brasil momentos antagônicos. De um lado, durante a década de noventa assistiu-se, inicialmente, ao desenrolar de uma série de transformações no seu mercado de aviação comercial que culminaram com o aumento da competitividade do setor e um consequente maior poder de escolha por parte do consumidor. De outro, questionamentos sobre a segurança dos céus brasileiros, provocando uma onda de transtornos com atrasos e cancelamentos de voos, a compra da companhia aérea Varig pela Gol, com o visível duopólio do setor, e em seguida, a crise financeira global de 2007-2008, fazem do mercado de aviação comercial no país um setor em profundas e constantes transformações.

Diante desse pano de fundo, o passageiro tornou-se um ator decisivo para o sucesso desse mercado. Sua decisão de voo passou, portanto, a ser feita sob múltiplos aspectos, como o preço, a qualidade do serviço oferecido, a disponibilidade de horários de partida e chegada, a existência de escalas e conexões, entre outros.

É nesse cenário de turbulências e, ao mesmo tempo, de boas oportunidades, que se insere esse estudo. Buscou-se identificar, dentro de uma amostra de voos em rotas de grande demanda no mercado nacional, aqueles que são mais eficientes sob a ótica do consumidor, a partir de uma análise de custos e benefícios intrínsecos a uma viagem aérea. Também foi interesse dessa pesquisa, apresentar os principais aspectos que posicionaram esses voos como eficientes dentro da amostra.

Finalmente, procurou-se com esse trabalho estender a utilização de uma ferramenta matemática utilizada para medição de eficiência em unidades produtivas, a fim de que ela possa ser útil para futuras análises do comportamento do mercado de aviação, tanto por parte de clientes, quanto de empresas ou agências reguladoras, que queiram evitar possíveis distorções entre custos e benefícios em uma viagem aérea.

Para atingir esses objetivos foi utilizada a metodologia *Data Envelopment Analysis* – DEA (Charnes *et al.*, 1978), que trabalha com a medição comparativa de eficiências entre unidades de produção. Como esta é uma medida extremamente benevolente, que avalia cada unidade pelo que ela tem de melhor, tornou-se necessário introduzir uma técnica de aumento de discriminação em DEA. Dentre as várias disponíveis foi escolhida a avaliação através da Fronteira

¹ Vitor de Souza Lima, Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. (e-mail: vsouzallima@yahoo.com.br).

² João Carlos Correia Baptista Soares de Mello, Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. (e-mail: jcsmello@producao.uff.br).

³ Lidia Angulo Meza, Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. (e-mail: lidiaangulomeza@id.uff.br).

Invertida devido a sua simplicidade e objetividade.

2. A AVIAÇÃO COMERCIAL NO BRASIL

As primeiras atividades de estruturação das rotas aéreas comerciais no país se deram a partir de 1924, com a expansão das rotas aéreas internacionais. Essas rotas eram operadas por companhias aéreas pioneiras, constituídas na Europa e nos EUA durante a década de 20 (Pereira, 1987). Entretanto, somente a partir da década de 40, com o fim da II Guerra Mundial, a aviação brasileira tomou impulso. Aeronaves americanas, consideradas excedentes de guerra, eram compradas a preços baixos, e com condições favoráveis de financiamento, o que propiciou o surgimento de muitas empresas aéreas entre 1945 e 1952, quando o Brasil chegou a ter 34 empresas, a maioria com estrutura administrativa/financeira precária (BNDES, 2002).

Em função da oferta inicial exagerada e de desequilíbrios financeiros, logo nos anos 1950 houve uma onda de fusões entre as empresas e de falências. De toda forma, o número de cidades atendidas nunca foi tão grande quanto nesse período dos anos de 1950, permanecendo na ordem de 300 cidades (Novais e Silva, 2006).

O elemento que fez decrescer o número de cidades atendidas, de forma gradativa a partir dos anos 1960, foi a ampliação e estruturação da malha rodoviária. A competição ainda acirrada entre as empresas aéreas e a fragilidade econômica da estrutura inicial levou o transporte aéreo a uma crise profunda, sendo as rotas de curta distância mais afetadas.

Para reverter a crise, governo e empresas realizaram três reuniões, chamadas Conferências Nacionais de Aviação Comercial (CONAC). A I CONAC foi realizada em 1961, e as demais, em 1963 e 1968 (BNDES, 2002). Essas conferências levaram a adoção de duas políticas que transformaram a estrutura da aviação comercial brasileira: o incentivo à fusão de empresas e a implantação do modelo de “competição controlada”. Segundo Guimarães e Salgado (2003), este modelo de regulação caracterizou-se pelo “estímulo à concentração de empresas, controle de entrada e da definição de linhas aéreas, assim como um controle tarifário estrito” e vigorou até fins dos anos 1980.

A flexibilização da regulamentação do transporte aéreo brasileiro teve início somente em 1991, durante a V CONAC. Nela foi estabelecida uma nova política para o serviço de transporte aéreo no país que, juntamente com a legislação do Ministério da Aeronáutica, formalizaram a “política de flexibilização do transporte aéreo brasileiro”. Essa política substituiu-se a determinação estrita dos preços pelo DAC (Departamento de Aviação Civil, atual ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil) por uma permissão para que as empresas oferecessem tarifas diferenciadas, o que possibilitou um maior estímulo à concorrência. Em 2000, foi eliminada a distinção entre empresas de âmbito regional e de âmbito nacional, passando todas as empresas a serem denominadas empresas domésticas regulares.

A entrada no século XXI marca um conjunto de alterações nas condições competitivas do setor que transformaram a maneira de se pensar em aviação comercial no Brasil. O ano de 2001 teve como destaques a total liberação das tarifas das linhas regulares, funcionando a partir de então o regime de liberdade tarifária, monitorada pelo DAC. Nesse mesmo ano houve a entrada da companhia aérea Gol Li-

nhas Aéreas Inteligentes no mercado da aviação comercial brasileira, sendo a primeira companhia aérea a operar sob o conceito “*low cost, low fare*” no país, modelo já consagrado por empresas como a Southwest Airlines (EUA) e Ryanair (Irlanda).

O ano de 2006 foi marcado pelo que a crítica especializada no Brasil chamou de crise aérea ou “apagão aéreo”, que teve seu ponto focal no acidente do Boeing 737 da Gol, em 29 de setembro de 2006. Transtornos provocados por atrasos e cancelamentos de voos passaram a ser constantes na vida dos usuários do transporte aéreo brasileiro – antes visto como excelência em segurança, qualidade e pontualidade. Adicionalmente, um segundo acidente, com um Airbus da TAM em julho de 2007, serviu como alerta para a falta de investimentos em infra-estrutura nos principais aeroportos do país. Ocorreu ainda, no final de 2007, a compra da companhia aérea Varig pela Gol, provocando um afunilamento na concorrência do mercado, com o visível duopólio do setor.

Ainda no ano de 2008, alguns sintomas da crise começaram a apresentar sinais de redução (IEG, 2008). É possível que a partir de 2011 haja nova escalada de preço de combustível que volte a lançar o setor numa crise.

Novas empresas ganharam espaço nos últimos anos aumentando a oferta de voos. Se por um lado é evidente que o passageiro é beneficiado pelo aumento da concorrência, por outro, a escolha de uma opção de voo torna-se mais trabalhosa por haver mais alternativas a analisar. Como este estudo tem uma visão multivariada envolvendo uma relação de custo benefício entre preço, custo e distância, optou-se por usar o método da Análise Envoltória de Dados, que será brevemente exposto na próxima seção.

3. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

A abordagem metodológica conhecida como Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) foi apresentada em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes, para cálculo e definição de eficiência entre unidades produtivas (DMU – *Decision Making Units*), onde não seja relevante ou não se deseja considerar apenas o aspecto financeiro. Anteriormente, a técnica de construção de fronteiras de produção e indicadores de eficiência produtiva relativa já havia sido apresentada no trabalho de Farrell (1957).

Diferentemente das aproximações paramétricas, que otimizam um plano de regressão a partir das observações, o método DEA otimiza cada observação individual com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes, ou seja, que não conseguem melhorar alguma de suas características sem piorar as demais.

O objetivo do método DEA é comparar um determinado número de unidades que se caracterizam por realizar tarefas semelhantes entre si, utilizando-se dos mesmos insumos (*inputs*) para produzir produtos (*outputs*) iguais. O que difere essas DMUs são as quantidades de recursos utilizados e de produtos gerados. A semelhança no uso de insumos e geração de produtos permite a classificação dessas unidades em eficientes ou não-eficientes, fornecendo medidas relativas de eficiência.

Existem dois modelos DEA clássicos:

1. **CCR** (*Charnes, Cooper and Rhodes*): também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*), trabalha com retornos constantes de escala, ou seja, qualquer variação nas entradas produz variação proporcional nas saídas. Sua formulação matemática considera que cada DMU k , $k = 1, \dots, n$, é uma unidade de produção que utiliza r *inputs* x_{ik} , $i = 1, \dots, r$, para produzir s *outputs* y_{jk} , $j = 1, \dots, s$. Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que para qualquer DMU esse quociente não pode ser maior que 1.

Utilizando-se de alguns artifícios matemáticos, este modelo pode ser linearizado, transformando-se em um Problema de Programação Linear (PPL) apresentado em (1), onde Eff_0 é a eficiência da DMU 0 em análise; x_{i0} e y_{j0} são os *inputs* e *outputs* da DMU 0; v_i e u_j são os pesos calculados pelos modelos para *inputs* e *outputs*.

$$Max\ Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \quad (1)$$

sujeito a:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \quad k = 1, \dots, n \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned}$$

2. **BCC** (*Banker, Charnes and Cooper*): também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*), considera situações de eficiência de produção com variação de escala, não assumindo proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Apresenta-se em (2) a formulação do problema de programação fracionária, previamente linearizado, para esse modelo (Banker *et al.*, 1984). Em (2) Eff_0 é a eficiência da DMU₀ em análise; x_{ik} representa o *input* i da DMU _{k} , y_{jk} representa o *output* j da DMU k ; v_i é o peso atribuído ao *input* i , u_j é o peso atribuído ao *output* j ; u_* é um fator de escala.

$$Max\ Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_* \quad (2)$$

sujeito a:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\ - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - u_* &\leq 0, \quad \forall k \\ u_j &\geq 0, v_i \geq 0 \quad \forall i, j \\ u_* &\in \Re \end{aligned}$$

A Figura 1 mostra as fronteiras DEA BCC (ou VRS, *variable returns to scale*) e CCR (ou CRS, *constant returns to scale*) para uma fronteira bidimensional (1 *input* e 1 *output*). Nesta figura as DMUs B, C e D são BCC eficientes. Apenas a DMU D é CCR eficiente. As DMUs A e E são ineficientes nos dois modelos. Nesta figura, a eficiência da

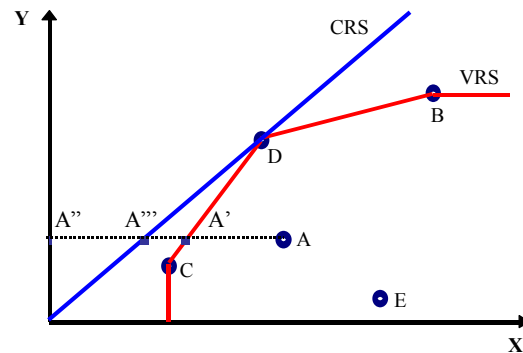


Figura 1. Representação das fronteiras BCC e CCR

DMU A é dada por $\overline{A''A'}/\overline{A'A}$ para o modelo BCC, e por $\overline{A''A'''}/\overline{A''A}$ no modelo CCR, ambos para a orientação a *inputs*.

Além de identificar as DMUs eficientes, os modelos DEA permitem medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, que fornece o *benchmark* para as DMUs ineficientes. Esse *benchmark* é determinado pela projeção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência. A forma como é feita esta projeção determina a orientação do modelo: orientação a *inputs* (quando se deseja minimizar os *inputs*, mantendo os valores dos *outputs* constantes) e orientação a *outputs* (quando se deseja maximizar os *outputs* mantendo os *inputs* constantes).

Dado que a eficiência DEA é uma medida extremamente benevolente, que avalia cada unidade pelo que ela tem de melhor, tornou-se necessário introduzir uma técnica de aumento de discriminação em DEA (Angulo-Meza e Lins, 2002; Adler *et al.*, 2002; Soares de Mello *et al.*, 2008). Uma das técnicas para se fazer uma distinção entre esse grande número de DMUs eficientes é o uso do conceito de Fronteira Invertida introduzida por Yamada *et al.* (1994), Lins *et al.* (2005). Esse método consiste em inverter os *inputs* pelos *outputs* e os *outputs* pelos *inputs*. Desta forma pode-se dizer que se trata de um método objetivo, pois não são necessárias informações adicionais. Além disso, é uma técnica que se ajusta bem aos modelos BCC e CCR, e ter uma metodologia simples e objetiva optou-se pela técnica de fronteira invertida.

A Fronteira Invertida admite pelo menos duas interpretações. A primeira é que, ao se fazer uma inversão dos *inputs* pelos *outputs*, a nova fronteira é definida pelas DMUs com as piores práticas gerenciais, e, portanto, poderia ser chamada de fronteira ineficiente. A segunda interpretação é que essas DMUs têm as melhores práticas considerando o ponto de vista oposto (Lins *et al.*, 2005). Ou seja, pode-se interpretar, por exemplo, a fronteira original como o ponto de vista do vendedor, e a fronteira invertida como o ponto de vista do comprador.

Pode-se determinar um índice de avaliação de uma DMU, que será chamado de eficiência composta, de tal forma que envolva tanto a eficiência padrão quanto a invertida. Pretende-se neste índice que para uma DMU ser bem avaliada, não basta a DMU ter bom desempenho naquilo em que ela é melhor, também não se pode ter um mau desempenho no critério em que for pior. Isto é conseguido, como mostrado na equação (3), fazendo-se a média aritmética entre a eficiência em relação à fronteira padrão e a ineficiência em relação à fronteira invertida:

$$Eficiência_{Composta} = \frac{Eficiência}{Padrão} + \frac{\left(1 - \frac{Eficiência}{Invertida}\right)}{2} \quad (3)$$

A eficiência composta normalizada (*Eficiência Composta**) é obtida, como mostrado na equação (4), pela divisão do valor da *Eficiência Composta* pelo maior valor entre todos os valores de *Eficiência Composta*:

$$Eficiência_{Composta}^* = \frac{Eficiência_{Composta}}{\text{Max}\left(\frac{Eficiência}{Composta}\right)} \quad (4)$$

Este método permite a definição de um *ranking* entre as DMUs, com uma diminuição do número de empates e sem levar em conta opiniões subjetivas.

3.1. DEA em transporte aéreo

Alguns trabalhos já foram realizados na área de transporte aéreo no que diz respeito ao uso de modelos DEA. Grande parte desses trabalhos foi na avaliação de aeroportos. Gillen e Lall (1997) recomendam o uso de DEA nesses casos devido à sua característica não paramétrica e por considerar diversos fatores simultaneamente, porém sem incluir custos operacionais e receitas. Pels, Nijkamp e Rietveld (2001) comparam aeroportos europeus com uso de modelagem DEA. Adler e Berechman (2001) usam DEA para avaliar a qualidade de aeroportos sob o ponto de vista das companhias aéreas, com o intuito de determinar quais aeroportos as companhias devem escolher para hubs. Fernandes e Pacheco (2002) usam DEA para medir a eficiência de 35 aeroportos brasileiros e, com isso, avaliar os gerenciamentos financeiros e o nível de utilização de suas infraestruturas. Pacheco e Fernandes (2003) utilizam DEA para estudar os mesmos 35 aeroportos para, sob aspectos financeiros e de dimensão física, identificar meios de melhoria de desempenho. Barros e Dieke (2007) fazem uso de DEA para avaliar aeroportos italianos. Soares de Mello e Gomes (2004) usam DEA para avaliar a eficiência dos aeroportos em gerar receitas não aeroportuárias.

Em relação à avaliação de empresas aérea a análise envoltória de dados foi utilizada por Soares de Mello *et al.* (2003) para avaliação de três eficiências técnicas. Silveira *et al.* (2008) usaram uma variação do modelo MCDEA (Li e Reeves, 1999) para uma avaliação da eficiência técnica de companhias aéreas levando em conta a necessidade de desempatar as companhias eficientes. Com o mesmo objetivo, mas usando a técnica da fronteira invertida, tem-se o trabalho de Silveira *et al.* (2011). Levando em conta a avaliação de empresas cargueiras e a má qualidade dos dados da ANAC há o trabalho de Correia *et al.* (2011). No que diz respeito exclusivamente a eficiência de empresas regionais cita-se o trabalho de Araújo *et al.* (2006).

Quando se usa DEA na avaliação de empresas aéreas na parte financeira ao invés na operacional encontram-se os trabalhos de Fernandes e Capobianco (2001), Capobianco e Fernandes (2004) e Fernandes *et al.* (2008).

Alguns trabalhos usam DEA numa perspectiva de relação custo benefício em vez da perspectiva da eficiência produtiva. Entre esses, pode-se citar Soares de Mello *et al.*

(2006) que analisa os efeitos do *code-share* na ponte aérea Rio-São Paulo e o de Barros *et al.* (2010) que faz uma avaliação DEA dos atrasos em transporte aéreo. O presente artigo insere-se nesta perspectiva de relações custo benefício e seu diferencial em relação aos anteriores é por tratar do ponto de vista do passageiro levando em conta objetivamente o que ele obtém (deslocamento) e o que ele gasta (valor da passagem e tempo gasto na viagem).

4. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS RELAÇÕES DE CUSTO BENEFÍCIO EM PASSAGENS AÉREAS DE ROTAS SELECIONADAS

4.1. Modelagem do problema

A formulação e posterior análise de um estudo em DEA exigem: (1) a definição de DMUs; (2) a seleção de variáveis de avaliação (*inputs* e *outputs*) e; (3) a escolha do modelo que será utilizado.

4.1.1. Definição de DMUs

Angulo Meza (1998) afirma que o conjunto de DMUs adotado deve ter a mesma utilização de entradas e saídas, variando apenas em intensidade; ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos; trabalhar nas mesmas condições de mercado; e ter autonomia na tomada de decisões.

Levando em consideração essas premissas e os objetivos deste trabalho, assumiu-se como DMUs desse estudo cada voo selecionado durante a coleta de dados nas páginas das companhias aéreas estudadas. Assim sendo, entende-se como DMU desse estudo uma potencial viagem aérea com as seguintes características que as diferenciam entre si: origem, destino, companhia aérea, data da viagem, hora de viagem e antecedência de compra.

Portanto, tem-se como exemplo de uma DMU desse estudo: voo do aeroporto de Congonhas (SP) para Brasília (DF) pela companhia aérea Gol, no dia 4 de maio de 2009, às 20:05h, tendo simulado a compra com 29 dias de antecedência do voo.

4.1.2. Definição das Variáveis

No modelo deste trabalho, procurou-se avaliar a eficiência de uma potencial viagem aérea sob o ponto de vista do consumidor, assumindo como variáveis de avaliação três itens considerados fundamentais em uma viagem: a distância entre os pontos de origem e destino, o preço da passagem e o tempo de percurso. Essas variáveis podem ser medidas de forma objetiva. Assim, considera-se que o principal benefício que o passageiro tem é o deslocamento. Outros benefícios como serviço de bordo, conforto da viagem e programa de fidelidade são secundários (via de regra não são o objetivo da viagem) e, além do mais, eminentemente subjetivos. Desta forma, a sua inclusão no modelo DEA obrigaria a uma quantificação que poderia variar de decisor para decisor. Todas essas variáveis são determinantes da concorrência entre companhias aéreas, mas não são o objetivo principal da viagem, e por vezes é considerado que os programas de fidelidade representam na verdade um entrave à concorrência (Fridstrom *et al.*, 2004). Além disso, variáveis operacionais como idade da frota e gastos de combustível também não foram levados em conta porque seu impacto seria útil apenas em um estudo sob o ponto de vista da companhia aérea e não do passageiro. Deve-se atentar que

o presente modelo faz uma avaliação da quantidade do serviço prestado e não da sua qualidade. Sobre avaliação da qualidade de serviço em transporte aérea pode-se citar Barros *et al.* (2010), Hess *et al.* (2007), Liou e Tzeng (2007), Pakdil e Aydin (2007), Park (2007), entre outros.

A distância foi escolhida como *output* do modelo porque, na essência, o objetivo de um consumidor ao viajar, é deslocar-se entre um ponto de origem e um ponto de destino, ou seja, transportar-se. Esse deslocamento é, portanto, o resultado, ou o benefício que o passageiro obtém com a viagem, e, quanto maior a distância percorrida, maior o benefício do consumidor.

O tempo de viagem foi definido como um dos *inputs*, ou custos, de uma viagem aérea, porque enquanto o passageiro está em voo, não pode utilizar seu tempo de outra forma. Assim, o objetivo do consumidor é gastar o menor tempo possível em viagem, ou seja, minimizar esse recurso. Também pode ser entendido como um *output* indesejável, porque, em suma, é um dos resultados da viagem, uma vez que o deslocamento consome tempo; e é indesejável, porque deseja-se diminuir-lo, ou seja, gastar o menor tempo possível. Para maiores detalhes sobre o assunto, ver (Gomes e Lins, 2008).

O preço da passagem (tarifa + taxas) foi definido como outro *input*, é o custo mais claro e efetivo de uma viagem. É um recurso que o consumidor deseja minimizar, ou seja, gastar o mínimo de dinheiro, viajando a distância que o consumidor precisa.

Resumindo, os *inputs* são tempo de viagem e o preço da passagem, e o *output* é a distância percorrida.

É importante destacar que um modelo só tem coerência se cada relação *output/input* tem sentido isoladamente (Gomes *et al.*, 2009). No modelo em questão, existe relação de causalidade entre a distância percorrida e o tempo de viagem, que é a velocidade média do voo. O interesse é maximizar essa relação, ou seja, viajar na maior velocidade média possível.

A outra relação existente é entre a distância percorrida e o preço da passagem, que é a (distância) / (valor desembolsado), sendo importante também nesse caso, maximizar essa relação. Ainda sim, para um melhor entendimento dessa segunda relação, pode-se analisar a relação sobre a ótica *input/output*, ou seja, a relação entre o preço da passagem e a distância percorrida, que é (valor desembolsado) / (distância), ou o custo por quilometro percorrido, e nesse caso, deve-se minimizar essa relação.

4.1.3. Escolha do Modelo e orientação

Será utilizado o modelo BCC uma vez que há evidente falta de proporcionalidade entre os *inputs* e os *outputs*. A existência dessa proporcionalidade é essencial para se poder usar o modelo CCR. De fato, observa-se que sendo o *output* a distância e um dos *inputs* o tempo de voo, a relação entre os dois representa a velocidade média. Ora, dado que em voos de curta distância as manobras de baixa velocidade (pouso, aproximação, decolagem, taxiamento) representam uma parte importante do voo, a velocidade média é maior nos voos de maior duração o que acarreta falta de proporcionalidade entre o *output* distância e o *input* tempo.

Quanto a orientação do modelo, ou seja, a forma como as DMUs irão atingir a fronteira de eficiência, optou-se pela orientação a *inputs*. Nesta orientação a eficiência é obtida pela redução equiproporcional dos *inputs*. Deve-se observar

que não faria sentido orientar a *outputs* já que o *output* é definido pelo destino para o qual se pretende viajar.

4.2. Delimitação da pesquisa

A pesquisa foi feita com o intuito de coletar uma amostra de dados sobre voos comerciais, em âmbito nacional, suficientemente representativa para fornecer bons parâmetros às análises subsequentes e, principalmente, para servir como ponto de partida ao uso da metodologia proposta em estudos de comportamento do mercado de aviação comercial no país.

Inicialmente, definiram-se as viagens aéreas que foram objeto deste estudo. A opção recaiu em rotas de grande fluxo no Brasil e que, portanto, fossem abarcadas por mais de uma companhia aérea e tivessem vários voos diários. As cidades escolhidas foram: Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Brasília, com distinção entre os aeroportos de uma mesma cidade, como Rio de Janeiro (Galeão e Santos Dumont), São Paulo (Congonhas e Guarulhos) e Belo Horizonte (Pampulha e Confins).

Foram selecionadas nove rotas: Confins (MG) – Brasília (DF); Pampulha (MG) – Brasília (DF); Galeão (RJ) – Congonhas (SP); Galeão (RJ) – Guarulhos (SP); Santos Dumont (RJ) – Congonhas (SP); Congonhas (RJ) – Brasília (DF); Guarulhos (SP) – Brasília (DF); Congonhas (SP) – Confins (MG); Guarulhos (SP) – Confins (MG).

Quanto à metodologia de obtenção de dados, foram utilizadas algumas premissas dos trabalhos de Oliveira *et al.* (2006), além de outras singularidades próprias desse estudo.

Assim, a pesquisa foi realizada diretamente nas páginas das empresas na internet, efetuando uma simulação de compra com a utilização das seguintes características:

1. Coleta de dados em um mesmo dia, todos em um mesmo período, a fim de se evitar oscilações de preço que eventualmente ocorrem ao longo do dia;
2. Opção pela menor tarifa disponível;
3. Obrigatoriedade de deslocamentos sem conexões, embora haja permissão para incluir voos com escalas;
4. Incorporação de todas as taxas ao preço da passagem, para se chegar ao preço final pago pelo consumidor à vista;
5. Amostragem de pelo menos 1 voo em cada período do dia selecionado, caso exista, para se tentar mapear as diferenças de preços de acordo com o período de voo:
 - Madrugada: 0:00h às 5:59h – preferencialmente por volta das 03:00h;
 - Manhã: 6:00h às 11:59h – preferencialmente por volta das 09:00h;
 - Tarde: 12:00h às 17:59h – preferencialmente por volta das 15:00h; e
 - Noite: 18:00h às 23:59h – preferencialmente por volta das 21:00h.
6. Seleção de três diferentes dias para os voos, com simulação de compra para o dia seguinte, para 2 semanas depois e para 4 semanas depois, a fim de se verificar o comportamento dos preços frente a uma maior antecedência de compra; e
7. Escolha por datas que não apresentem demanda anormal, causada por fatores previamente conhecidos, como um feriado por exemplo.

Tabela 1. Total de voos analisados por rota e companhia aérea

<i>Cia. aérea</i>	<i>(CFN) – (BSB)</i>	<i>(CGH) – (BSB)</i>	<i>(CGH) – (CFN)</i>	<i>(GIG) – (CGH)</i>	<i>(GIG) – (GRU)</i>	<i>(GRU) – (BSB)</i>	<i>(GRU) – (CFN)</i>	<i>(PLU) – (BSB)</i>	<i>(SDU) – (CGH)</i>	<i>Total</i>
GOL	9	8	9	11	9	8	9	0	11	74
OCEANAIR	2	3	1	0	2	5	0	0	9	22
PASSAREDO	0	0	0	0	0	2	0	0	9	11
TAM	9	9	9	8	9	9	9	0	0	62
TRIP	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Total	20	20	19	19	20	24	18	2	29	171

Como já informado, Oliveira *et al.* (2006) utilizaram algumas dessas premissas em seu estudo sobre descontos em passagens aéreas. Destacando o item (5), os autores apontaram dois diferentes perfis de consumidores quanto à antecedência de compra de uma passagem, um que viaja a lazer ou férias, e que, portanto, pode planejar e comprar suas passagens com antecedência e outro que viaja a negócio, menos elástico a preços, já que suas necessidades de viagens decorrem de situações de trabalho, muitas vezes sem planejamento prévio. Diferentes perfis de consumidores também foram estudados por Soares de Mello *et al.* (2005).

Nesse trabalho, optou-se por simular três diferentes tipos de compra: (i) compra imediata, que não apresenta praticamente nenhuma antecedência de compra (1 dia); (ii) compra casual, que apresenta pouca antecedência de compra (2 semanas) e; (iii) compra planejada, que apresenta grande antecedência de compra (4 semanas).

4.2.1. Coleta de Dados

Os dados foram pesquisados no dia 5 de abril de 2009, entre 8:00 e 10:00 da manhã por três pesquisadores. É importante ressaltar que o preço foi calculado como o preço final pago pelo consumidor, considerando-se a tarifa, acrescida da taxa de embarque; a distância foi calculada com o auxílio do programa *Google Earth*, e o tempo foi calculado pela diferença entre o tempo de chegada e o tempo de partida de um voo, ambos informados no site das companhias aéreas onde foi feita a simulação de compra.

Foram coletados 171 voos, distribuídos entre rotas e companhias aéreas, conforme apresentado na Tabela 1.

4.3. Resultados

Conforme mencionado na seção 4.1.3, foram feitos cálculos e análises utilizando o modelo BCC, com orientação a *inputs*. Para realização dos cálculos, foi utilizado o software SIAD, (Angulo-Meza *et al.*, 2005). Nesta análise, foram encontrados 21 voos eficientes, que são apresentados na Tabela 2.

Nesta tabela, pôde-se verificar um grande número de potenciais voos eficientes, de forma tal que não é possível inferir as características que separam os voos eficientes dos menos eficientes. Foi utilizada a Fronteira Invertida para diminuir o número de empates. Em seguida foi realizada uma divisão em tercis com a finalidade de se obter um grupamento dessas DMUs que permita obter as conclusões. Para uma melhor análise os resultados são apresentados por: companhia aérea, antecedência de compra, rota, velocidade média e turno de viagem.

Na Tabela 3 foi feita uma divisão por Companhia aérea, ou seja, os resultados indicam que, por exemplo, 38% dos potenciais voos da TAM analisados, tinham baixa eficiência, e os voos da TAM representavam 45% do total dos potenciais voos analisados. Nota-se que as companhias aéreas

com maior porcentual de potenciais voos de alta eficiência são OceanAir e Gol.

O ponto a se destacar e que diferencia as duas companhias é que a Gol concentra apenas 21,6% dos seus voos no pior tercil (1º tercil), enquanto a OceanAir tem 45,5% dos seus voos nessa mesma posição. Isso mostra que a OceanAir apesar de ser a empresa com maior número de voos no tercil mais eficiente, também concentra grande parte dos seus voos no tercil mais ineficiente. Esse posicionamento faz com que a opção de escolha por essa companhia aérea, sob o ponto de vista dos dados e das rotas estudadas, seja uma opção de risco, na medida em que é possível encontrar tanto voos muito eficientes quanto outros pouco eficientes.

Em contrapartida, a opção pela empresa Gol, que concentra mais de 78% dos seus voos no 2º e 3º tercis, é mais confiável e o risco de se escolher um voo ineficiente torna-se, por consequência, mais reduzido.

Por último, as empresas Trip, na rota Pampulha – Brasília, e Passaredo, na rota Guarulhos – Brasília, colocaram-se exclusivamente no tercil mais ineficiente, uma vez que suas baixas velocidades médias, que são as razões de distâncias percorridas por tempo de deslocamento, impactaram negativamente seu posicionamento nas análises de eficiência.

A seguir apresenta-se a Tabela 4 em que as eficiências compostas são apresentadas segundo a antecedência de compra.

Os resultados mostram que as compras denominadas nesse estudo como casuais (15 dias de antecedência) e planejadas (29 dias de antecedência) posicionaram-se com mais de 45% dos seus totais de voos no tercil mais eficiente, enquanto as compras imediatas (1 dia de antecedência) apresentaram mais da metade de seus voos no tercil mais ineficiente.

Esse resultado é condizente com a expectativa de que as tarifas mais elevadas praticadas em voos com compras de última hora levam à ineficiência da viagem.

Também é importante ponderar que a compra casual apresentou-se levemente mais eficiente do que a compra planejada para a amostra de voos selecionada. Isso é um indicativo de que a diferença de dias proposta nesse estudo para distinguir a compra planejada da compra casual não foi relevante para alterar os preços de passagens.

A Tabela 5 apresenta os resultados por rota.

Analisando esta tabela, destaca-se que, dentre as 4 rotas de maior percurso, sendo elas: (1) Congonhas (SP) - Brasília (DF); (2) Guarulhos (SP) - Brasília (DF); (3) Pampulha (MG) - Brasília (DF) e (4) Confins (MG) - Brasília (DF), três delas apresentam a ampla maioria de seus voos no tercil mais eficiente, a exceção da rota Pampulha (MG) - Brasília (DF), operada apenas pela TRIP dentre as empresas estudadas.

Tabela 2. Voos eficientes segundo o modelo BCC

<i>Data do voo</i>	<i>Anteced. da compra (dias)</i>	<i>Resumo do voo</i>	<i>Nº de escalas</i>	<i>Preço total (R\$) INPUT 1</i>	<i>Período do voo</i>	<i>Tempo (min) INPUT 2</i>	<i>Distância (km) OUTPUT</i>	<i>Eficiência BCC</i>	<i>Veloc. média (km/h)</i>
6-abr	1	DMU 19) TAM: RJ(SDU) – SP(CGH)	0	544,92	tarde	54	366	1,000	592,00
20-abr	15	DMU 22) TAM: RJ(SDU) – SP(CGH)	0	354,92	tarde	54	366	1,000	582,48
4-mai	29	DMU 25) TAM: RJ(SDU) – SP(CGH)	0	354,92	tarde	54	366	1,000	582,48
20-abr	15	DMU 94) OCEANAIR: RJ(GIG) – SP(GRU)	0	130,62	madrugada	70	334	1,000	493,07
4-mai	29	DMU 95) OCEANAIR: RJ(GIG) – SP(GRU)	0	130,62	madrugada	70	334	1,000	493,07
20-abr	15	DMU 99) OCEANAIR: RJ(SDU) – SP(CGH)	0	164,42	manhã	65	366	1,000	525,82
20-abr	15	DMU 100) OCEANAIR: RJ(SDU) – SP(CGH)	0	214,42	tarde	55	366	1,000	554,82
4-mai	29	DMU 103) OCEANAIR: RJ(SDU) – SP(CGH)	0	164,42	tarde	65	366	1,000	525,82
6-abr	1	DMU 115) GOL: MG(CNF) – DF(BSB)	0	449,62	tarde	60	592	1,000	592,00
20-abr	15	DMU 118) GOL: SP(CGH) – DF(BSB)	0	338,62	noite	95	873	1,000	551,37
20-abr	15	DMU 120) GOL: SP(GRU) – DF(BSB)	0	198,62	noite	100	854	1,000	512,40
20-abr	15	DMU 123) GOL: MG(CNU) – DF(BSB)	0	258,62	noite	70	592	1,000	552,71
4-mai	29	DMU 128) GOL: SP(GRU) – DF(BSB)	0	198,62	tarde	100	854	1,000	512,40
4-mai	29	DMU 132) GOL: MG(CNF) – DF(BSB)	0	258,62	noite	70	592	1,000	552,71
20-abr	15	DMU 163) OCEANAIR: SP(GRU) – DF(BSB)	0	192,62	manhã	105	854	1,000	488,00
20-abr	15	DMU 164) OCEANAIR: SP(GRU) – DF(BSB)	0	192,62	tarde	105	854	1,000	488,00
4-mai	29	DMU 165) OCEANAIR: SP(CGH) – DF(BSB)	1	206,62	manhã	190	873	1,000	289,29
4-mai	29	DMU 166) OCEANAIR: SP(CGH) – DF(BSB)	0	206,62	manhã	105	873	1,000	509,44
4-mai	29	DMU 167) OCEANAIR: MG(CNF) – DF(BSB)	0	157,62	manhã	85	592	1,000	491,20
4-mai	29	DMU 168) OCEANAIR: SP(GRU) – DF(BSB)	0	192,62	manhã	105	854	1,000	488,00
4-mai	29	DMU 169) OCEANAIR: SP(GRU) – DF(BSB)	0	192,62	tarde	105	854	1,000	488,00

* Antecedência

Tabela 3. Eficiências compostas por companhia aérea

<i>Companhias Aéreas</i>	<i>1º TERCIL (baixa eficiência)</i>	<i>2º TERCIL (média eficiência)</i>	<i>3º TERCIL (alta eficiência)</i>	<i>Total de Vôos</i>
TAM	38,0%	35,2%	26,8%	41,5%
OCEANAIR	45,5%	9,1%	45,5%	12,9%
TRIP	100,0%	0,0%	0,0%	1,2%
PASSAREDO	100,0%	0,0%	0,0%	1,2%
GOL	21,6%	40,5%	37,8%	43,3%

Tabela 4. Eficiências compostas por Antecedência de Compra

<i>Antecedência de Compra da Passagem</i>	<i>1º TERCIL (baixa eficiência)</i>	<i>2º TERCIL (média eficiência)</i>	<i>3º TERCIL (alta eficiência)</i>	<i>Total de Vôos</i>
1 dia	51,7%	39,7%	8,6%	33,9%
15 dias	21,6%	31,4%	47,1%	29,8%
29 dias	25,8%	29,0%	45,2%	36,3%

Tabela 5. Eficiências compostas por rota

<i>Rotas</i>	<i>1° TERCIL (baixa eficiência)</i>	<i>2° TERCIL (média eficiência)</i>	<i>3° TERCIL (alta eficiência)</i>	<i>Total de Vôos</i>
COFINS (MG) – BRASÍLIA (DF)	15,0%	25,0%	60,0%	11,7%
CONGONHAS (SP) – BRASÍLIA (DF)	15,0%	25,0%	60,0%	11,7%
CONGONHAS (SP) – CONFINS (MG)	26,3%	36,8%	36,8%	11,1%
GALEÃO (RJ) – CONGONHAS (SP)	57,9%	42,1%	0,0%	11,1%
GALEÃO (RJ) – GUARULHOS (SP)	65,0%	35,0%	0,0%	11,7%
GUARULHOS (SP) – BRASÍLIA (DF)	16,7%	33,3%	50,0%	14,0%
GUARULHOS (SP) – CONFINS (MG)	16,7%	33,3%	50,0%	10,5%
PAMPULHA (MG) – BRASÍLIA (DF)	100,0%	0,0%	0,0%	1,2%
SANTOS DUMONT (RJ) – CONGONHAS (SP)	44,8%	37,9%	17,2%	17,0%

Tabela 6. Eficiência por velocidade média

<i>Velocidade Média (km/h)</i>	<i>1° TERCIL (baixa eficiência)</i>	<i>2° TERCIL (média eficiência)</i>	<i>3° TERCIL (alta eficiência)</i>	<i>Total de Vôos</i>
(200-300)	100,0%	0,0%	0,0%	8,2%
(300-400)	49,2%	46,2%	4,6%	38,0%
(400-500)	16,4%	31,1%	52,5%	35,7%
(500-600)	3,2%	25,8%	71,0%	18,1%

Tabela 7. Eficiência por turno de viagem

<i>Turno da Viagem</i>	<i>1° TERCIL (baixa eficiência)</i>	<i>2° TERCIL (média eficiência)</i>	<i>3° TERCIL (alta eficiência)</i>	<i>Total de Vôos</i>
Manhã	37,9%	27,6%	34,5%	33,9%
Tarde	26,9%	32,7%	40,4%	30,4%
Noite	31,4%	39,2%	29,4%	29,8%
Madrugada	50,0%	40,0%	10,0%	5,8%

Esses resultados vão ao encontro das primeiras conclusões desse trabalho com os modelos CCR e BCC, que mostraram que a velocidade média tem grande impacto da decisão de eficiência do modelo. Em rotas mais longas, as aeronaves viajam mais tempo em velocidade de cruzeiro e, portanto, podem desenvolver uma velocidade média mais elevada, atenuando ao longo do percurso o impacto de redução de velocidade durante decolagens, aproximações, pousos e taxiamentos.

Os voos operados pela TRIP são uma exceção a essa conclusão porque operam nessa rota com aeronaves turbo-hélice ATR 42 e ATR 72, que realizam velocidades médias inferiores às demais aeronaves desse estudo em rotas de longo percurso.

Além disso, as 2 rotas de menor percurso e por consequência, baixa velocidade média, Galeão (RJ) - Congonhas (SP) e Galeão (RJ) - Guarulhos (SP), não apresentam nenhum voo no tercil eficiente, o que reforça a conclusão da velocidade média como grande diferencial de eficiência nessa análise.

A Tabela 6 apresenta as eficiências compostas das DMUs analisadas segundo a Velocidade Média da rota. Aqui percebe-se que a velocidade média é um fator preponderante na composição da eficiência para o modelo estudado, na medida em que mais de 70% dos voos com maior velocidade média encontram-se no 3º tercil e 100% dos voos com menor velocidade média encontram-se no 1º tercil.

Finalmente, a Tabela 7 apresenta as eficiências compostas por turno de viagem. Nesta tabela destaca-se resultado contra-intuitivo: os voos da madrugada, que aparentemente seriam mais eficientes, apresentaram apenas 10% de seus voos no tercil mais eficiente. Isso contraria o senso comum

porque, a princípio: (1) poderiam viajar a uma velocidade média maior, uma vez que nesse período do dia o congestionamento nos aeroportos é menor; e (2) poderiam oferecer tarifas mais econômicas já que esse é um horário de menor demanda.

São levantadas duas hipóteses para explicar este resultado não esperado. A primeira hipótese vem do fato de todos os voos analisados no horário da madrugada são entre Rio de Janeiro e São Paulo, com diferentes combinações de aeroportos. Ora, nesta rota em particular este horário de grande demanda, uma vez que viabiliza a chegada dos passageiros ao destino no início da manhã e fora do trânsito urbano típico das primeiras horas nessas cidades. Portanto, não há necessidade de descontos nas tarifas. A segunda hipótese é que os voos com destino a Guarulhos podem ser alimentadores, ou seja, podem transportar os passageiros para um *hub*, a fim de serem distribuídos para outros voos. Por esse motivo, deixa de ser interessante para as companhias aéreas transportarem passageiros que farão apenas a viagem até esse ponto.

5. CONCLUSÕES

O estudo apresentado procurou identificar, dentro de uma amostra de potenciais voos em rotas de grande demanda no mercado nacional, aqueles que foram mais eficientes sob a ótica do consumidor, a partir de uma análise de custos e benefícios fundamentais de uma viagem aérea. Também foi interesse dessa pesquisa, apresentar os principais aspectos que posicionaram esses voos como eficientes dentro da amostra.

Para tanto, foi utilizada a metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA), que trabalha com a medição comparativa

de eficiências entre unidades de produção e, mais especificamente, com o conceito de fronteira invertida, que se baseia na premissa de que não basta uma unidade produtiva ter bom desempenho naquilo em que ela é melhor, é fundamental também que não se tenha um mau desempenho no critério em que for pior.

Dentro dos resultados obtidos, destaca-se a situação ambígua da Ocean Air, que tem presença marcante tanto no tercil de baixa eficiência quanto no tercil de alta eficiência. A Gol e a TAM têm presença marcante nos dois tercis superiores, embora com pequena vantagem para a Gol. Também se verificou que as compras com antecedência são mais eficientes embora não haja muita diferença nas compras realizadas com 15 e 21 dias de antecedência.

Cabe destacar que essa análise não foi exaustiva e que, portanto, novos trabalhos ainda devem ser desenvolvidos para se chegar a resultados mais conclusivos. Estudos complementares, com a utilização, por exemplo, da técnica de Regressão Tobit em associação com DEA, metodologia conhecida como DEA em dois estágios, pode ser útil para um melhor entendimento dos fatores que influenciam a eficiência dessas rotas. Ainda sim, é importante ponderar que o uso dessa técnica não permitiria certas análises, como a identificação do caso da OceanAir, classificado como uma opção de risco, uma vez que foi possível encontrar tanto voos muito eficientes quanto outros pouco eficientes, dentro da amostra de voos analisados.

Os resultados obtidos por este trabalho são uteis essencialmente para passageiros e agências de viagens dando subsídios a escolha entre as diferentes opções existentes. Como trabalho futuro sugere-se um estudo semelhante, mas sob a ótica da empresa aérea. Neste caso, os voos mais eficientes seriam aqueles mais atrativos para a empresa, fato esse que pode ser levado em conta no planejamento da malha aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, N. e J. Berechman (2001) Measuring airport quality from the airlines' viewpoint: An application of data envelopment analysis. *Transport Policy*, v. 8, n. 3, p. 171–181.
- Adler, N.; L. Friedman e Z. Sinuany-Stern (2002) Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, 140(2), p. 249–265.
- Angulo-Meza, L. (1998) *Data Envelopment Analysis na determinação da eficiência dos Programas de Pós Graduação da COPPE/UF RJ*. Engenharia de Produção, COPPE/UF RJ.
- Angulo-Meza, L. e Lins, M. P. E. (2002) Review of methods for increasing discrimination in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, v. 116, p. 225–242.
- Angulo-Meza, L.; Biondi Neto, L.; Soares de Mello, J. C. C. B. e Gomes, E. G. (2005) Isyds Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, 25 (3), 493–503.
- Araújo, A. H.; J. V. G. Avellar; A. Z. Millioni e F.A.S. Marins (2006) Eficiência e desempenho do transporte aéreo regional brasileiro. *Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*. Rio de Janeiro, CD-ROM.
- Banker, R. D.; A. Charnes e W. W. Cooper (1984) Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30 (9), p.1078–1092.
- Barros, C. P.; P. U. C. Dieke (2007) Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management*, v. 13, n. 4, p. 184–191.
- Barros, T. D.; T. G. Ramos; J. C. C. B. Soares de Mello e L. Angulo-Meza (2010) Avaliação dos atrasos em transporte aéreo com um modelo DEA. *Produção*, v. 20, n. 4, p. 601–611.
- BNDES (2002) Aviação regional brasileira (modal aéreo IV). *Informe Infra-Estrutura. Área de Logística, Telecomunicações e Complexo Eletrônico*. n. 50, nov.
- Capobianco, H. M. P. e E. Fernandes (2004) Capital structure in the world airline industry. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, v. 38, n. 6, p. 421–434.
- Charnes, A.; W. W. Cooper e E. Rhodes (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, n. 2, p. 429–444.
- Charnes, A.; W. W. Cooper; E. Rhodes; A. Y. Lewin e L. M. Seiford (1994) *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Correia, T. C. V. D.; J. C. C. B. Soares de Mello e L. Angulo-Meza (2011) Eficiência técnica das companhias aéreas brasileiras: Um estudo com análise envoltória de dados e conjuntos nebulosos. *Produção*, Preprint.
- Entani, T.; Y. Maeda e H. Tanaka (2002). Dual models of interval DEA and its extensions to interval data. *European Journal of Operational Research*, v. 136, p. 32–45.
- Farrell, M. J. (1957) The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society Series A*, v. 120, n. 3, p. 253–281.
- Fernandes, E. e H. M. P. Capobianco (2001) Airline capital structure and returns. *Journal of Air Transport Management*, v. 7, n. 3, p. 137–142.
- Fernandes, E. e R.R. Pacheco (2002) Efficient use of airport capacity. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, v. 36, n. 3, p. 225–238.
- Pacheco, R. R. e E. Fernandes (2003) Managerial efficiency of Brazilian airports. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, v. 37, n. 8, p. 667–680.
- Fernandes, E.; H. M. Pires; M. P. E. Lins e A. C. M. Silva (2008). Financial performance of air transport companies: An analysis of the non-Pareto-efficient space in data envelopment analysis. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies*, p. 185–194.
- Fridstrom, L.; F. Hjelde; H. Lange; E. Murray; A. Norkella; T. T. Pedersen; N. Rytter; C. S. Talén; M. Skoven e L. Solhaug (2004). Towards a more vigorous competition policy in relation to the aviation market. *Journal of Air Transport Management*, v. 10, p. 71–79.
- Gillen, D. e A. Lall (1997) Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transportation Research Part E: Logistic and Transportation Review*, v. 33, n. 4, p. 261–273.
- Gomes, E. G. e M. P. E. Lins (2008) Modelling undesirable outputs with zero sum gains data envelopment analysis models. *Journal of the Operational Research Society*, v. 59, 616–623.
- Gomes, E. G.; J. C. C. B. Soares de Mello; G. D. S. Souza; L. Angulo-Meza e J. A. D. C. Mangabeira (2009) Efficiency and sustainability assessment for a group of farmers in the Brazilian Amazon. *Annals of Operations Research*.
- Guimarães, E. A. e L. H. Salgado (2003) A Regulação no Mercado de Aviação Civil no Brasil. *Notas Técnicas (2) IPEA*. Rio de Janeiro: out/2003.
- Hess, S.; T. Adler e J. W. Polak (2007). Modelling airport and airline choice behaviour with the use of stated preference survey data. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 43, n. 3, p. 221–233.
- Li, X.-B., G.R. Reeves (1999) A multiple criteria approach to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 115, n. 3, p. 507–517.
- Lins, M. P. E.; L. F. L. Novaes e L. F. L. Legey (2005) Real estate appraisal: A double perspective data envelopment analysis approach. *Annals of Operations Research*, 138(1), 79–96.
- Liou, J. J. H. e G. H. Tzeng (2007) A non-additive model for evaluating airline service quality. *Journal of Air Transport Management*, v. 13, n. 3, p. 131–138.
- Novais e Silva, L. (2006) Tópicos sobre a evolução da aviação comercial no Brasil: a história entre o direito e a economia. *Jus Navigandi, Teresina*, ano 11, n. 1224, 7 nov. 2006.
- Oliveira, D. S.; G. M. Ronzani; M. C. G. S. P. Bandeira; L. S. Lopes e A. V. M. Oliveira, (2006) Estudo da precificação de companhias aéreas em rotas domésticas de longo percurso. *Engvista*, 8 (1), p. 4–15.
- Pakdil, F. e O. Aydin (2007) Expectations and perceptions in airline services: An analysis using weighted SERVQUAL scores. *Journal of Air Transport Management*, v. 13, n. 4, p. 229–237.
- Park, J. W. (2007) Passenger perceptions of service quality: Korean and Australian case studies. *Journal of Air Transport Management*, v. 13, n. 4, p. 238–242.

- Pels, E.; P. Nijkamp e P. Rietveld (2001) Relative Efficiency of European airports. *Transport Policy*, v. 8, n. 3, p. 183–192.
- Pereira, A. (1987) *Breve história da aviação comercial brasileira*. Rio de Janeiro: Europa, 1995. Memória do Sindicato Nacional dos Aero-nautas: sua vida, suas lutas – 1942-79. Rio de Janeiro, SNA, 292p.
- Silveira, J. Q.; J. C. C. B. Soares de Mello e L. Angulo–Meza (2011) Identificação de benchmarks e anti-benchmarks para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. *Produção*, pre-print.
- Silveira, J. Q.; E. R. Pereira; T. C. V. D. Correia; J. C. C. B. Soares de Mello; J. C. N. Climaco e L. Angulo–Meza (2008) Avaliação da eficiência das companhias aéreas brasileiras com uma variação do modelo de Li e Reeves. *Engevista*, v. 10, n. 2, p. 145–155.
- Soares de Mello, J. C. C. B.; L. Angulo–Meza; E.G. Gomes; B.P. Serapião e M.P.E. Lins (2003) Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v. 23, n. 2, p. 325–345.
- Soares de Mello, J. C. C. B., E. G. Gomes (2004) Eficiências aeroportuárias: uma abordagem comparativa com análise de envoltória de dados. *Revista de Economia e Administração*, v. 3, n. 1, p. 15–23.
- Soares de Mello, J. C. C. B.; L. F. A. M. Gomes; E.G. Gomes; L. Biondi Neto (2005). Multicriteria selection of an air transport route: The Rio de Janeiro – São Paulo shuttle. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 26, 187–206.
- Soares de Mello; J. C. C. B.; L. Angulo–Meza; E. G. Gomes e L. Biondi Neto (2006) Evaluación de la concentración en una ruta aérea brasileira con modelo DEA y frontera invertida. *Revista de la Facultad de Ingeniería. Universidad de Tarapacá*, v. 14, n. 1, p. 64–71.
- Soares de Mello; J. C. C. B.; E. G. Gomes; L. Angulo–Meza e F.R. Leta (2008) DEA advanced models for geometric evaluation of used lathes. *WSEAS Transactions on Systems*, 7(5), p. 500–520.
- IEG (2008) *Melhores e piores no transporte aéreo brasileiro*. Sumário executivo, outubro 2008. Disponível em:
<<http://www.institutodegestao.com.br/artigos/Melhores%20e%20Piores%20no%20Transporte%20Aereo%20ed1.pdf>> (Acessado em 26/01/2009).
- Yamada, Y.; T. Matui e M. Sugiyama (1994) New analysis of efficiency based on DEA. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, v. 37, p. 158–167.