OS CUSTOS DIRETOS DE VOOS QUE CHEGAM ATRASADOS EM AEROPORTOS BRASILEIROS

William Eduardo Bendinelli
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes 50, Vila das Acácias - São José dos Campos, SP.1239476801,
wbendinelli@gmail.com

Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes 50, Vila das Acácias - São José dos Campos, SP.1239476801,
humberto.bettini@gmail.com

Alessandro Vinícius Marques de Oliveira
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes 50, Vila das Acácias - São José dos Campos, SP.1239476801,
a.v.m.oliveira@gmail.com

RESUMO

Muitos aeroportos de serviço comercial, sobretudo aqueles em grandes áreas metropolitanas, sofrem com atrasos operacionais que geram custos diretos para as empresas aéreas e seus passageiros. Há duas razões principais para atrasos de voos: 1. Problemas específicos da aeronave ou do voo como, por exemplo, avarias mecânicas, desalinhamento entre tripulação e aeronaves ou problemas com regras trabalhistas; 2. Incompatibilidades diversas entre demanda e capacidade. Embora intua-se que os custos de atrasos sejam relevantes, há um *gap* na literatura brasileira no que se refere à sua estimação. Este artigo busca superar tal carência e estima os custos diretos dos voos que chegam atrasados nos aeroportos brasileiros, utilizando uma base de dados históricos da última década e que permite uma desagregação na unidade da empresa aérea no tempo. Por meio da aplicação de uma modificação do modelo europeu para o caso brasileiro, estimaram-se os custos operacionais dos atrasos para as empresas aéreas e o de tempo para os passageiros. Os resultados preliminares apontam que os custos diretos dos atrasos durante a última década foram de aproximadamente US$ 4,3 bilhões a valores de 2013, correspondendo a uma média de 5,8% dos custos totais das empresas aéreas no mesmo período.

Palavras-chave: empresa aérea, atraso, custo, estimação, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Muitos aeroportos de serviço comercial, sobretudo aqueles em grandes áreas metropolitanas, sofrem com atrasos operacionais. No Brasil, entre 2000 e 2010, enquanto o número de voos aumentou 33,5%, a parcela de voos que chegaram atrasados mais do que 30 minutos sobre o horário planejado aumentou 53,6%, segundo dados disponibilizados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) em seu relatório de Voo Regular Ativo (VRA). Em 2007, auge do período que passou a ser conhecido como "apagão aéreo" no país, quase um quarto de todos os voos foram atrasados por pelo menos 30 minutos. Desde então, o volume de atrasos diminuiu, aparentemente na esteira de um conjunto amplo de mudanças regulatórias, tecnológicas e de gerenciamento privado e militar: afinal, mesmo em um novo cenário de crescimento acentuado do tráfego aéreo, entre 2010 e 2011[2], os índices de atraso não repetiram aqueles registrados durante o período de *boom* econômico imediatamente anterior e que culminara com o apagão de 2006-7.

Ainda que o problema dos atrasos na aviação comercial brasileira pareça (temporariamente?) sanado, há uma questão cuja resposta ainda não se obteve: quanto custa atrasar um voo comercial regular de transporte de passageiros? Este artigo busca contribuir ao fornecer uma primeira estimativa para esta questão, algo inédito na literatura brasileira.

As estratégias que podem ser empregadas para reduzir atrasos dividem-se em duas categorias: aumento da capacidade do sistema, e gestão da demanda do sistema. O aumento da capacidade inclui o acréscimo de novas infraestruturas, bem como o suplemento de tecnologia e de diretrizes para tornar a infraestrutura já existente mais eficiente. Por outro lado, atuando em outra frente, a gestão da demanda se concentra em modificar o comportamento dos usuários do sistema, induzindo um melhor uso da capacidade dos elementos existentes. As duas abordagens básicas para a gestão da demanda têm o mesmo objetivo: diminuir o congestionamento, desviando parte do tráfego para horários e locais onde ele possa ser processado mais prontamente ou de forma mais eficiente; ou estruturar um sistema de precificação de tal forma que as forças de mercado aloquem instalações aeroportuárias escassas entre usuários concorrentes. Assim, a gestão da demanda não acrescenta capacidade, mas promove um uso mais eficiente economicamente das instalações existentes (Young e Wells, 2014).

Um dos requisitos para que se planejem e implementem formas de se fazer uma gestão de demanda adequada consiste em entender os custos que os atrasos podem gerar para empresas aéreas e passageiros. Intuitivamente, tem-se que os atrasos de voos são caros para as empresas aéreas e os seus passageiros: para as empresas aéreas, os atrasos dos voos acarretam custos adicionais, principalmente de assistência a passageiros, tripulação, combustível e manutenção. Para os passageiros, o tempo extra das viagens aéreas devido a atrasos de voo resulta em produtividade perdida de negócios e oportunidades perdidas para atividades de lazer. Segundo Ferguson et al (2013), estudos apontam que os custos de atrasos podem alcançar valores entre US$30 bilhões e US$40 bilhões, em valores diretos e perdas correlatas à economia dos EUA, em apenas um ano (2007). Visto por outra métrica, U. S. Congress (2008) estima que 740 milhões de galões de combustível foram gastos desnecessariamente em operações domésticas nos EUA, com a emissão adicional de 7,1 milhões de toneladas de CO_2.

Um agravante presente quando se discutem atrasos no transporte aéreo é o fato de nem sempre haver estímulos econômicos claros para que se evite a geração endógena de atrasos. Este fenômeno traduz-se pelo fato de a responsabilização de atrasos ser uma matéria tênue, vez que o tempo e a ocupação de recursos aeronáuticos configuram, em muitas circunstâncias, matéria com traços de bem público. Assim, é comum observarem-se comportamentos estratégicos nítidos em direção a exaurir recursos comuns. Sobre temas desta natureza, Rupp (2009) observa que a programação de voos que minimiza os atrasos pode não coincidir com aquela que maximiza os lucros. Ademais, Daniel e Harback (2008) e Daniel (2011) mostram que empresas aéreas com

[2] Anos em que a oferta de voos regulares aumentou 15,9% e 13,9% em comparação ao ano anterior, respectivamente. Fonte: ANAC (2012).

uma posição dominante no aeroporto podem comprometer sua dominância se não satisfizerem a demanda por viagens aéreas nos horários de pico de uma determinada rota. Ou seja, se a empresa aérea dominante reduzisse sua oferta de voo, ela esperaria, em termos racionais, que seus concorrentes provavelmente preencham essa lacuna com novas ofertas de voos caso não existam barreiras à entrada, mantendo-se assim a fila de aeronaves e, portanto, a condição de atraso, embora se altere a titularidade do responsável pela decisão empresarial que conduziu a tal situação. Dessa forma, empresas aéreas dominantes não apresentam incentivos para reduzir sua oferta de voos, o que a literatura traduz por "não internalizar os custos marginais do congestionamento".

O estudo acerca dos incentivos econômicos que conduzem empresas aéreas a internalizem ou não os custos de atrasos por elas gerados é matéria controversa. Rupp (2009) sugere que as empresas aéreas não internalizam os custos de atraso do passageiro, uma vez que esses não incidem diretamente sobre elas. No entanto, Morrison e Winston (2007) argumentam que apenas um terço dos atrasos pode ser internalizado pelas empresas aéreas dominantes, contrariando principalmente Brueckner (2002). Estudos sobre a internalização de atrasos no transporte aéreo brasileiro só agora começaram a surgir, a exemplo de Bendinelli (2015).

Este trabalho tem por objetivo estimar os custos diretos dos voos que chegam atrasados nos aeroportos brasileiros, um esforço que entendemos ser inédito no cenário nacional e que provê justificativas e subsídios aos estudos que buscam compreender a ocorrência ou não da internalização de atrasos, ao se obter uma estimativa para os valores monetários realmente sob disputa no cenário da rivalidade estratégica entre as empresas. Para cumprir com esta tarefa, o artigo será dividido nas seguintes seções: a primeira seção apresenta a evolução dos atrasos aéreos no Brasil desde o início dos anos 2000. A segunda seção apresenta uma discussão conceitual sobre determinantes de atrasos, custos associados a tal ineficiência, e um sumário quanto a técnicas de estimação de custos aeronáuticos. Na sequência, a Seção 3 apresenta um exercício de estimação algébrica simples, porém robusta e pioneira, seguida então por Comentários Finais, na quarta seção.

2. PANORAMA DA INDÚSTRIA DO TRANSPORTE AÉREO REGULAR E DINÂMICA DE ATRASOS

2.1. Crescimento acelerado da indústria: 2000-2006

A primeira década dos anos 2000 foi marcada por mudanças estruturais profundas na indústria do transporte aéreo: a demanda doméstica praticamente triplicou, à medida que empresas aéreas tradicionais (TransBrasil, Varig e Vasp) davam lugar a entrantes *low-cost* (Gol e Webjet) e à TAM, empresa regional que se alçou à condição de líder de mercado.

Apesar de indicadores positivos acerca da expansão do mercado, os dados referentes às tarifas praticadas não mostravam declínio, fenômeno associado ao surgimento de uma virtual duopolização da indústria: em 2006, 80% dos assentos-quilômetros eram providos apenas por Gol e TAM.

2.2. O Período do Apagão Aéreo: 2006-2007

Os anos de 2006 e 2007 marcaram a ocorrência dos maiores acidentes aéreos (em número de vítimas fatais) da história da aviação brasileira: Gol 1907 em setembro de 2006 e TAM 3054 em julho de 2007.

Apontado como desencadeado por fatores relacionados à sobrecarga de trabalho por parte de controladores aéreos (caso Gol) e pela ligeireza na condução de obras de expansão da capacidade do sistema aeronáutico brasileiro (caso TAM), operações-padrão realizadas nestes dois anos marcaram o que se convencionou chamar de período do apagão aéreo. Além desses fatores exógenos, Oliveira et al (2015) mostram como também o próprio fenômeno da concentração de mercado nesse período parece contribuir, de modo endógeno, para a criação do caos operacional registrado. A Tabela 1 mostra como, em 2006 e 2007, de 40% a 50% dos voos domésticos programados sofreram algum tipo de perturbação.

Tabela 1. Evolução de perturbações em voos no Brasil (em milhares de voos).

Ano	(1) Voos Domésticos	(2) Voos Cancelados	(3) Voos Atrasados	(4) Perturbados (2)+(3)	% Cancelados (2)/(1)	% Atrasado (3)/(1)	% Perturbado (4)/(1)
2000	638.772	70.007	105.283	175.290	11,0%	16,5%	27,4%
2001	688.338	80.899	130.511	211.410	11,8%	19,0%	30,7%
2002	670.741	113.846	113.670	227.516	17,0%	16,9%	33,9%
2003	557.141	134.026	72.223	206.249	24,1%	13,0%	37,0%
2004	499.358	75.123	81.870	156.993	15,0%	16,4%	31,4%
2005	529.418	73.132	115.260	188.392	13,8%	21,8%	35,6%
2006	579.308	94.734	136.928	231.662	16,4%	23,6%	40,0%
2007	627.996	128.541	188.788	317.329	20,5%	30,1%	50,5%
2008	658.612	63.614	167.614	231.228	9,7%	25,4%	35,1%
2009	740.875	69.660	139.492	209.152	9,4%	18,8%	28,2%
2010	863.397	75.660	196.690	272.350	8,8%	22,8%	31,5%

Notas: Para os cálculos consideram-se apenas os voos domésticos programados da base de dados VRA.

Algo interessante de se notar é que as empresas aéreas de modelo *full-service* (Avianca e TAM) e *low-cost* (Azul, GOL e Webjet) parecem possuir uma propensão semelhante à geração de atrasos, algo possivelmente explicado pelo fato de operarem basicamente nos mesmos aeroportos e nas mesmas ligações, traço específico de um país onde aeroportos secundários são incomuns[3]. O Gráfico 1, abaixo, ilustra as referidas séries[4]. Assim, atraso parece não se constituir em um fenômeno específico ao modelo de negócios ao qual uma empresa aérea pertence.

2.3. O Período Pós-Apagão (2008-)

Na sequência da situação que se instalou entre 2006 e 2007, um grande número de medidas foi colocado em prática, incluindo tentativas de esvaziar aeroportos congestionados (colocação de cláusulas de distância e desincentivo a conexões em São Paulo / Congonhas) e também o desenho de soluções para a expansão do sistema aeroportuário brasileiro, algo que finalmente ocorreria a partir das concessões colocadas em prática a partir de 2012. Ademais, um conjunto de práticas por parte do regulador passou a dar maior peso ao cumprimento de horários de voo, a exemplo da adoção de indicadores de pontualidade e regularidade como elemento de avaliação na participação de empresas aéreas em rodadas de distribuição de *slots* em Congonhas, e também a obrigatoriedade da divulgação de informações históricas sobre perturbações (atrasos e cancelamentos), voo a voo, aos passageiros.

Fato é que, a partir de 2008 e até os dias atuais, os percentuais de perturbação de voos apresentam evolução constante em prol do passageiro: em 2008, 17% dos voos apresentaram atraso de pelo menos 30 minutos (9,2% cancelados), valores que caíram para 7,7% (9,1%) em 2013.

3. ASPECTOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS EM ATRASOS E CUSTOS

3.1. Determinantes de atrasos

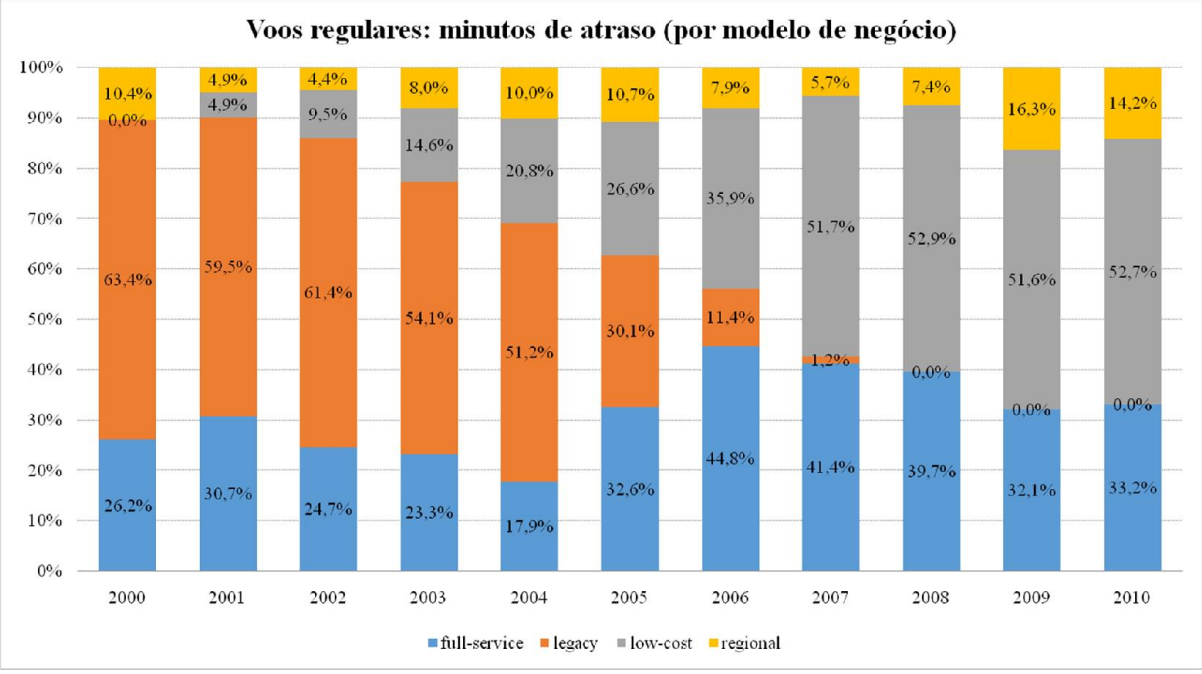
Um aspecto reconhecido no planejamento e na gestão do transporte aéreo é o fato de esta atividade requerer a mobilização de um número muito vasto de recursos e também a participação coordenada de um conjunto igualmente amplo de subsistemas: a consulta à seção de *tarmac servicing* do *Airport Operating Manual* de qualquer aeronave comercial ilustra, por

[3] Apenas ao final da primeira década dos anos 2000 surgiram instalações aeroportuárias mais talhadas ao modelo de negócios *low-cost*: Viracopos como alternativa concreta aos aeroportos paulistanos, e o Terminal 4 do Aeroporto de Guarulhos.

[4] Em adição às categorias *full service* e *low-cost*, definem-se os modelos *legacy* (TransBrasil, Varig e Vasp) e regional (todas as demais).

exemplo, a multiplicidade de interfaces que se estabelecem com um avião em operação de carregamento ou descarregamento; já a consulta a manuais de planejamento aeroportuário, a exemplo de Horonjeff et al (2010) ilustra como a concepção de um aeroporto mobiliza a reflexão quanto a um número amplo de componentes individuais em solo e no ar.

Gráfico 1 - Minutos de atrasos em voos domésticos regulares (Brasil, 2000-10), por modelo de negócios



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos voos domésticos nacionais do VRA.

Um agravante a esta discussão já complexa é o fato de haver uma multiplicidade notável de *stakeholders* envolvidos: autoridades militares, autoridades aeroportuárias, empresas aéreas, empresas de *handling*, de comissaria e de abastecimento articulam-se para a produção do assento-quilômetro, a mercadoria colocada à venda pela empresa aérea. Desta forma, tem-se que a pontualidade de uma operação aeronáutica é fruto do trabalho conjunto de inúmeras empresas intervenientes. De maneira homóloga, atrasos em voo também decorrem de responsabilidades diversas.

Uma lista não-exaustiva de fontes de atrasos, estabelecendo a participação da empresa aérea para a sua causação como fator de recorte analítico, pode ser elaborada como segue:

3.1.1. Fatores relacionados à gestão da empresa aérea

i. ineficiência na realização de tarefas relativas a operações aeroportuárias - no lado terra ou no lado ar - necessárias para as operações de embarque, desembarque, tratoramento e suportes diversos no terminal, pátio ou pista;

ii. políticas ineficazes em matéria de designação de aeronaves (*aircraft assignment*) e tripulações (*crew assignment*). Exemplos de políticas ineficazes incluem a não-observância de restrições impostas por limites legais nas horas de voo de tripulantes, ou dos limites (em horas de voo e/ou ciclos) que devem ser observados para a realização de manutenções periódicas nas aeronaves;

iii. ausência de disponibilidade de aeronaves devido a falhas técnicas de última hora e que tornam a aeronave não-operacional;

iv. ajustes em horários de partida de voos devido à espera de passageiros ou cargas em conexão, provenientes de voos precedentes que possam ter atrasado por motivos próprios.

3.1.2. Fatores não-relacionados à gestão da empresa aérea

i. políticas ineficazes em matéria de gestão de capacidade aeroportuária ou de capacidade de espaço aéreo, por parte da autoridade aeroportuária ou da autoridade de gerenciamento do tráfego aéreo;
ii. avarias diversas causadas por colisões da aeronave (fuselagem, asas, pára-brisas) com aves ou granizo, ou ingestão de objetos estranhos à turbina (ocorrência conhecida como *foreign object damage*, ou pela sigla FOD), a exemplo de pássaros ou objetos deixados em pistas e pátios, fatores que pode provocar danos diversos à aeronave e comprometer sua aeronavegabilidade;
iii. necessidade de desvios em rota devido a tripulantes ou passageiros doentes ou com comportamento hostil;
iv. condição meteorológica desfavorável em rota (vento de proa) ou que prejudique operações de pouso ou decolagem (vento, teto ou contaminação da superfície de pista).

Dois aspectos cruciais a se reter quando se estudam os determinantes de atrasos em operações aeronáuticas é que (a) fatores contemporâneos e defasados misturam-se e (b) também as responsabilidades podem misturar-se. Em termos ilustrativos, o atraso de um voo pode gerar atrasos em voos subsequentes, em "efeito cascata", por conta da indisponibilidade de recursos (aeronaves, tripulações), e atrasos de responsabilidade de uma empresa aérea podem gerar atrasos subsequentes em voos de outras empresas aéreas. Tem-se, portanto, um fenômeno profundamente marcado (a) por componente intertemporal e (b) por disputas de responsabilidade. Um agravante é que, muito comumente, os responsáveis por atrasos que se propagam na cadeia não são onerados, o que alimenta a discussão quanto às externalidades que pautam a geração de atrasos.

3.2. Identificação e estimação de custos

3.2.1. Custos que envolvem atrasos incorridos pelas empresas aéreas

Ao gerar perdas e ineficiências diversas, há muitas perspectivas possíveis quando se buscam contabilizar custos relacionados a atrasos, em abordagens que variam das menos às mais agregadas. Focando-se apenas os custos diretamente incorridos pelos operadores, podem-se identificar gastos que decorrem da ocorrência de atrasos, e também outros que decorrem das tentativas de mitigação. Novamente de modo não-exaustivo, têm-se:

i. custos resultantes do atraso nas operações: custos extras com (i) combustível (no pátio, nas pistas de taxiamento ou de rolagem, no espaço aéreo); (ii) custos extras com a permanência de aeronaves na jurisdição do aeroporto (ocupação prolongada de pátios, pistas) ou da autoridade de controle do espaço aéreo; (iii) custos extras com horas não-produtivas de tripulações e equipamentos, o que se traduz em elevação de custos variáveis e médios, respectivamente; (iv) custos incorridos em assistência a passageiros (alimentação, comunicação e pernoite, segundo Resolução no. 141/2010 da ANAC) e tripulações, incluindo hospedagem fora da base;

ii. custos resultantes da mitigação de efeitos de atrasos: (i) custo de oportunidade decorrente de se manterem aeronaves e tripulantes de voo e solo extras nos períodos de maior movimentação de passageiros[5]; (ii) custos de sistemas logísticos ou operacionais que mitiguem a ocorrência de atrasos, a exemplo de ferramentas computacionais de gestão de recursos e mesmo a disponibilidade de meios avançados de resolução de

[5] "TAM remaneja malha aérea e prepara operação especial para o período de recesso escolar". Entre 1/7 e 4/8/2015, a empresa manteve cinco aeronaves de reservas para fazer frente ao período de pico (férias escolares). (http://www.tam.com.br/b2c/vgn/v/index.jsp?vgnextoid=85e8378688a2e410VgnVCM1000009508020aRCRD)

problemas[6]; (iii) variação da velocidade de cruzeiro de aeronaves durante seu voo, por meio da manipulação do *Cost-Index* após interferências autorizadas no *Flight Management Computer*, retirando-a da condição econômica de voo.

3.2.2. Classificação e Estimação de custos

Preocupação central em Economia, Contabilidade e Administração de Empresas, a compreensão da proporcionalidade entre insumos e produtos na indústria do transporte aéreo preserva os conceitos mais básicos (custos fixos e custos variáveis, custos diretos e custos indiretos, custos observáveis, custos não-observáveis e custos de oportunidade), e mobiliza o domínio de taxonomias adicionais.

De acordo com o Plano de Contas das Empresas de Transporte Aéreo Regular (Brasil, 2004), custos aeronáuticos são, fundamentalmente, divididos entre Custos Operacionais Diretos Fixos e Custos Operacionais Diretos Variáveis, sendo estes caracterizados por valores unitários que flutuam em função direta com as quantidades produzidas. Segundo esta fonte, os custos operacionais diretos podem ser agrupados da seguinte forma:

i. Tripulantes técnicos: gastos com salários, encargos sociais, treinamento, despesas de viagens, alimentação a bordo. Inclui comandantes, co-pilotos, mecânicos de voo, 1º e 2º oficiais.
ii. Comissários de bordo: gastos com salários, encargos sociais, treinamento, despesas de viagens, alimentação e administração dos comissários.
iii. Combustível: valor relativo ao consumo calço a calço nas operações de voos produtivos ou não.
iv. Depreciação de equipamento de voo: é o custo contábil por tipo de equipamento considerando-se o valor da aeronave mais os componentes e motores de reserva no prazo de até 12 anos e na forma prevista em lei.
v. Manutenção e revisão: obtido através de uma taxa horária aplicada às horas voadas de cada equipamento.
vi. Seguro de aeronaves: valor apropriado por tipo de equipamento.
vii. Arrendamento de aeronaves: parcela mensal de custo conforme contrato de arrendamento, por tipo de equipamento.
viii. Taxas de pouso: tarifas de pouso, decolagem e permanência de aeronaves.
ix. Taxas de auxílio à navegação: tarifas de uso de auxílios à navegação e comunicação.

A partir dessa taxonomia contábil - útil especialmente pelo fato de isolar com clareza custos incorridos na atividade-fim da empresa aérea, estudos nas áreas de Engenharia e Economia concentram-se ao redor de algumas questões-chave e acabam por gerar linhas de pesquisa particulares. Destacamos abaixo sumariamente três delas[7].

A estimação de funções de produção, nomeadamente por meio de especificações pioneiras no formato Cobb-Douglas e, posteriormente, por formas funcionais flexíveis e mais sofisticadas, a exemplo da Forma Trans-logarítmica, constitui uma primeira e clara linha para se abordar e tratar relações entre fatores de produção, custos e volume de produção, respeitando-se, preferencialmente, pressupostos da teoria microeconômica, a exemplo do Lema de Shepard. Exemplos de aplicação no transporte aéreo incluem Silveira (2003) e Meland (2014).

Uma segunda linha de pesquisa muito ativa é a mensuração da eficiência da empresa na tarefa de converter recursos em produtos: a estimação da Produtividade Total dos Fatores, por meio de métodos como cálculo de fronteira estocástica ou *Data Envelopment Analysis* (DEA), busca comparar tecnologias de indivíduos (empresas ou equipamentos) entre si, ou de indivíduos ao longo do tempo. Novamente, o transporte aéreo é uma indústria na qual estes métodos de análise

[6] "Azul quer reduzir 40% de cancelamentos com novo avião". Em Setembro de 2013, a empresa adquiriu uma aeronave turbo-hélice Pilatus PC-12 de suporte ao transporte de peças e tripulações, na expectativa de reduzir seus índices de atrasos e cancelamentos e também liberar uma das seis aeronaves mantidas em contingência. (http://www.panrotas.com.br/noticia-turismo/aviacao/azul-quer-reduzir-40-de-cancelamentos-com-novo-aviao_92594.html)

[7] Silveira (2003) dá também destaque a três abordagens (5.2. Análise Empírica de Custos em Transportes, p. 97), mas adota recortes distintos do nosso.

encontram-se aplicados, como mostram Soares de Mello et al (2003) e Barros e Peypoch (2009).

A terceira linha de pesquisas em custos aeronáuticos a que damos destaque é a chamada *Engineer-based*, ramo que investiga e estima os impactos de aspectos operacionais selecionados no valor contábil registrado para certa alínea de custo. Dentre os fatores por ela já mapeados, e que hoje se constituem em regularidades empíricas bastante estáveis, listam-se: (i) a relação absoluta direta entre custo operacional total e a etapa e (ii) a relação absoluta direta entre custo operacional total e tamanho da aeronave, mas (iii) a relação inversa entre custo operacional unitário (por assento ou por passageiro) e a etapa, e (iv) a relação inversa entre custo operacional unitário (por assento ou por passageiro) e o tamanho da aeronave. Adicionalmente, acabam por mapear importantes efeitos potencialmente existentes em matéria de retornos de escala, escopo e densidade presentes na função de produção de transporte aéreo.

A lista de artigos que estudam temas desta natureza e com esta perspectiva, ou seja, a de estimar os deslocadores de custos operacionais, é vasta: Caves, Christensen e Tretheway (1984) abordam tamanho da rede (número de aeroportos), tamanho médio da aeronave e etapa média de voo. Swan e Adler (2006) também concentram-se nestas duas últimas variáveis (tamanho médio da aeronave e etapa média de voo), assim como Wei e Hansen (2003). Zou et al (2015) estudam como a variabilidade da frota impacta os custos operacionais da empresa aérea.

Perante tal panorama de estudos com objetivo semelhante - estimações de custos - nosso interesse nesta pesquisa insere-se de forma a contribuir não por meio de estimação de funções ou elasticidades relativas a fatores que impactam em custos de atraso, mas sim na construção de uma variável que represente esse custo. Em uma analogia econométrica, o esforço relaciona-se mais à construção de uma variável que mensure o custo relacionado ao atraso, e menos à estimação de fatores que contribuam com sua variabilidade. Almejamos contribuir para que estudos nas linhas de pesquisa acima mencionadas - em especial as segunda e terceira - possam contar com uma nova variável para análises futuras.

4. EXERCÍCIO EMPÍRICO

4.1. Metodologias de estimação de custos de atraso

O custo total dos atrasos envolve os custos diretos e indiretos das empresas aéreas e de tempo dos passageiros. Uma fonte pública para o cálculo do custo operacional das aeronaves utilizadas pelas empresas aéreas é a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), organismo que compilou o custo operacional médio de vários tipos de aeronaves por "tempo de bloco", ou tempo "calço-a-calço"[8]. Estabelecendo-se esta unidade contábil, ingressam na base de cálculo os custos operacionais diretos (fixos ou variáveis).

Como custo operacional direto fixo, podemos citar os custos associados a depreciação, locação e *leasing* das aeronaves, e ainda ao seguro de equipamentos de voo. Como custo operacional variável, podemos citar os custos relacionados a combustível, manutenção, tripulação, taxas aeroportuárias, etc. Por fim, os custos operacionais indiretos envolvem, por exemplo, os custos com seguro de acidentes de passageiros. Deve-se ressaltar que a ICAO não detalha a metodologia de cálculo do custo operacional das aeronaves por tempo de bloco, apenas mostrando o custo operacional médio capturado em várias regiões do mundo. Como tais custos variam de região para região, o custo operacional médio leva em consideração as assimetrias entre os mercados, mas não as explicita.

O custo de tempo dos passageiros deriva tanto da quantidade de atrasos, cancelamentos e perdas de conexões, como do tipo de passageiro (a negócio ou a lazer). Como no custo operacional dos atrasos, o custo de tempo dos passageiros pode ser classificado como direto ou indireto. No primeiro caso, associa-se ao custo de oportunidade de estar trabalhando para o caso dos passageiros a negócios, ou o custo de

[8] Esse tempo compreende a contagem de minutos *from the moment the aircraft is pushed back from the gate or starts taxiing from its parking stand for take-off to the moment it comes to a final stop at a gate or parking stand after landing* (Glossário ICAO, p. 4, disponível em www.icao.int/dataplus_archive/Documents/GLOSSARY.docx).

oportunidade de estar descansando ou divertindo-se para o caso dos passageiros a lazer. No caso do custo de tempo indireto, este corresponde à estimativa de perda de produtividade que a economia como um todo pode sofrer na ocorrência do atraso, a exemplo de efeitos de longo prazo decorrentes, por exemplo, do adiamento ou do cancelamento de lançamentos de produtos por conta de reuniões de trabalho não-realizadas. Embora tais custos sejam de difícil contabilização, o Joint Economic Committee (JEC) apresenta os custos de tempo direto médios por passageiro, independentemente da proporção de passageiros a negócios ou a lazer, que pode ser usado como base, ou seja, US$ 37,6 por pessoa para o ano de 2007.

Levando em consideração tais fatores, e adotando a abordagem proposta por Ferguson et al (2013), a Equação 1 apresenta uma adaptação para o caso brasileiro, por conta da limitação de dados a serem utilizados. A análise assume os custos apresentados pela ICAO e se aplicam ao Brasil, variando a cada ano conforme a inflação do período. Tanto os custos operacionais diretos como os valores de tempo dos passageiros foram inflacionados pelo Índice de Preços ao Produtor (IPP) do setor aéreo e pelo Índice de Preços ao Consumidor (IPC) com base no ano 2013, respectivamente. A Equação 1 pode ser dividida em duas partes. A primeira delas leva em consideração os custos operacionais das empresas aéreas ($\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{bloco}} \cdot f_{it} \cdot d_{it}$), enquanto a segunda parte destaca o custo direto de tempo dos passageiros ($\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{tempo}} \cdot s_{it} \cdot l_{it}$). Os valores $\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{bloco}}$ e $\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{tempo}}$ são obtidos da ICAO e do JEC, respectivamente.

$$c_{diretodoatraso} = \bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{bloco}} \cdot f_{it} \cdot d_{it} + \bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{tempo}} \cdot s_{it} \cdot l_{it} \quad (1)$$

onde,

- f_{it}, corresponde ao número de voos operados pela empresa aérea *i* no período *t*.
- d_{it}, corresponde a soma dos atrasos em minutos da empresa aérea *i* no período *t*.
- s_{it}, corresponde ao número de assentos médios da aeronave da empresa aérea *i* no período *t*.
- l_{it}, corresponde a taxa média de ocupação da aeronave da empresa aérea *i* no período *t*.

A utilização de um parâmetro que expressa o custo do bloco é coerente com a linha *Engineer-based* de investigação, pois inclui os elementos críticos de custo (direto) que se incorrem em uma operação aérea regular. Ademais, incluir este elemento no cálculo da variável que queremos construir confere-lhe robustez e habilita-a a ser utilizada em estudos futuros nesta linha de investigação.

4.2. Descrição da base de dados

Os dados foram obtidos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), da International Civil Aviation Organization (ICAO) e da Federal Aviation Administration (FAA). No primeiro caso, as informações de todos voos realizados e cancelados das empresas aéreas de transporte aéreo regular estão contidas na base de Voo Regular Ativo (VRA). Dela, por exemplo, pode-se calcular o que Ferguson et al (2013) chama de "atrasos táticos de chegada"[9] desagregados e as justificativas de atrasos e cancelamentos de acordo com a natureza da linha.

A principal base de dados que alimenta o VRA é a de Horário de Transportes (HOTRAN). Nela, há a relação diária dos voos previstos a serem realizados no país e o tipo de aeronave a ser utilizada. Eventuais inclusões e alterações de voos nas operações das empresas aéreas devem ser incluídas primeiramente nos Boletins de Alteração de Voo (BAV) e são, posteriormente, agregadas ao HOTRAN. As duas Instruções de Aviação Civil (IAC) que regulamentam o HOTRAN e o BAV são as de números 1223 e

[9] Atrasos táticos são aqueles que as empresas aéreas apresentam já levando-se em consideração, por oposição,*atrasos estratégicos*(*buffers*) embutidos na programação de voos. Um atraso estratégico é a alocação de tempo adicional no percurso, para além do tempo que um voo normalmente demandaria para realizar a ligação em situações livres de congestionamento.

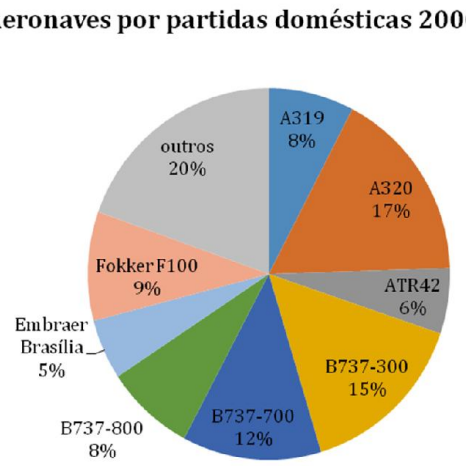
1504, respectivamente. Por fim, a taxa de ocupação das aeronaves foi obtida dos Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo.

A segunda fonte de dados corresponde à quarta reunião do grupo consultivo ALLPIRG da ICAO (ICAO, 2001). No apêndice ALLPIRG/4-WP/28 apresentam-se os custos operacionais totais por hora das principais aeronaves utilizadas no mundo. Por último, o Joint Economic Committee (JEC) apresenta os valores de tempo médio dos passageiros recomendados para o setor de aviação civil. Deve-se ressaltar que tanto os custos operacionais diretos como os valores de tempo dos passageiros foram inflacionados pelo Índice de Preços ao Produtor (IPP) do setor aéreo e pelo Índice de Preços ao Consumidor (IPC) com base no ano 2013, respectivamente.

Como forma de conciliar as informações de todas as fontes de informações para a análise, algumas transformações foram efetuadas nos dados originais. Primeiramente, instituiu-se o nível da análise na dimensão empresa aérea-tempo. Nesse sentido, a agregação levou em consideração as respectivas fusões ocorridas no período de análise, formando grandes grupos. O grupo Varig, denominado VR2, corresponde à agregação entre Varig, Nordeste e Rio Sul. O grupo Transbrasil, TB2, conta com as empresas Transbrasil e Interstar Brasil. A partir de novembro de 2007, o grupo Trip, TI2, domina as rotas regionais juntamente com a Total. O quarto grupo corresponde ao Grupo TAM, TA2, juntamente com a Helisul e Brasil Central. A partir de dezembro de 2009, a TAM compra a Pantanal. O Grupo Gol, GL2, corresponde à agregação entre Gol e Varig.

Após as agregações acima, obtivemos um painel de dados com a quantidade de atrasos em minutos, o custo operacional total, o número de voos, o custo médio de tempo dos passageiros, o tamanho médio da aeronave e a taxa de ocupação das vinte e oito empresas aéreas com periodicidade mensal de 2000 à 2010. Trinta e três diferentes aeronaves estão presentes na base de dados, sendo que oito foram responsáveis por 80% dos voos, conforme documenta o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Principais aeronaves no transporte aéreo regular de passageiros (Brasil 2000-2010).



Fonte: Elaborado pelos autores com base nas aeronaves programadas no HOTRAN.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os custos dos atrasos sob a ótica da empresa aérea e dos passageiros. Pode-se verificar que os maiores custos ocorreram entre os anos de 2006 e 2008. Com um grave acidente ocorrido em setembro de 2006, a pontualidade dos voos passou a ser comprometida. Com mais de 30% dos voos cancelados ou atrasados, o país começava a sentir os efeitos do que se chamaria mais tarde de "apagão aéreo". Em 2007, o cenário se agravou e mais de 40% dos voos estavam atrasados ou cancelados. Aproximadamente US$ 1,3 bi de dólares a valores de 2013 foram perdidos nesse biênio. No ano de 2008, a crise financeira impactou fortemente o preço do petróleo fazendo com que este insumo chegasse ao seu maior valor da série. Esse choque foi responsável pelo alto custo operacional das empresas aéreas e pelo maior custo operacional por minuto do período analisado. Além disso, percebe-se uma tendência crescente no número de minutos atrasados no período. Tal fato seria um indicativo da não-internalização do congestionamento por parte das empresas aéreas, ou seja, as empresas aéreas não teriam

Tabela 2. Custo dos atrasos dividido em custo operacional e de valor de tempo para os passageiros em dólares de 2013.

Ano	Custo de atraso (US$)			Número Voos	Load factor	$ Por voo	Minutos de atrasos	$ Por minute
	Custo operacional	Custo de passageiro	Total					
2000	98.286.547	87.336.103	185.622.650	105.283	42,4	1.763,08	4.686.524	39,61
2001	123.835.201	153.609.377	277.444.577	130.511	58,0	2.125,83	5.687.690	48,78
2002	111.321.713	148.859.515	260.181.229	113.670	59,0	2.288,92	5.063.538	51,38
2003	69.891.586	102.469.169	172.360.755	72.223	59,4	2.386,51	3.189.628	54,04
2004	78.416.754	127.784.003	206.200.757	81.870	61,0	2.518,64	3.583.317	57,54
2005	110.556.645	209.366.042	319.922.686	115.260	57,6	2.775,66	4.915.030	65,09
2006	158.203.799	335.325.442	493.529.241	136.928	60,6	3.604,30	6.840.403	72,15
2007	250.569.112	572.233.061	822.802.172	188.788	57,8	4.358,34	10.830.942	75,97
2008	168.590.842	420.889.343	589.480.184	167.614	62,3	3.516,89	7.381.742	79,86
2009	119.160.207	271.500.403	390.660.610	139.492	60,7	2.800,60	5.412.874	72,17
2010	165.408.206	417.124.737	582.532.944	196.690	60,5	2.961,68	7.706.336	75,59

incentivos para reduzir os atrasos em que incorrem. Não permitir ajustes na velocidade de cruzeiro da aeronave seria uma hipótese para explicar este mecanismo em ação: o custo do tempo em voo (causador de atraso) mais que compensaria o custo do combustível extra (mitigador de atraso).

A Tabela 3 apresenta a participação dos custos operacionais dos atrasos em relação ao custo total das empresas aéreas. Pode-se observar que o custo operacional dos atrasos representa uma parcela pequena dos custos totais das empresas aéreas. Em linhas gerais, com exceção ao período de 2006 a 2008, verifica-se uma redução da participação dos custos dos atrasos em virtude do crescimento do custo operacional total.

Outra informação capaz de se obter a partir da aplicação da Equação 1 é a visualização das empresas aéreas que mais atrasam, e também quanto isso custa a elas. A Tabela 4 exibe esses resultados, ao apresentar os custos operacionais totais para as três primeiras empresas aéreas que mais sofreram com ele. Pode-se observar que as empresas aéreas que mais apresentaram atraso são também as que apresentam a maior participação de mercado no período analisado.

Tabela 3. Participação dos custos operacionais dos atrasos nos custos totais das empresas aéreas (dólares de 2013).

Ano	Custo operacional de atrasos	Custo operacional total[1]	%
2000	98.286.547	1.298.890.168	7,6%
2001	123.835.201	1.382.478.874	9,0%
2002	111.321.713	1.295.763.706	8,6%
2003	69.891.586	1.236.651.719	5,7%
2004	78.416.754	1.481.287.872	5,3%
2005	110.556.645	2.077.595.862	5,3%
2006	158.203.799	2.612.400.131	6,1%
2007	250.569.112	3.276.297.801	7,6%
2008	168.590.842	5.106.469.239	3,3%
2009	119.160.207	4.242.798.420	2,8%
2010	165.408.206	5.933.800.011	2,8%

Nota: 1. Valores extraídos do Anuário Estatístico dos Transporte Aéreo da ANAC.

6. LIMITAÇÕES

O estudo preliminar que conduzimos padece de um conjunto de limitações que almejamos ver sanadas em aperfeiçoamentos do entendimento do tema. Dentre estes, listamos:

1. Não calculamos o custo do atraso estratégico, ou seja, os custos que a

existência de atrasos táticos impõem ao planejamento global da malha de voos;

2. Não observamos, e tampouco monetizamos, a eventual internalização dos atrasos por parte das empresas aéreas. Assim, fenômenos como passagens mais caras por conta de haver atraso[10] - e esse custo ser em parte passado ao consumidor - não estão presentes, ao menos não de forma explícita, na estimativa que apresentamos;
3. Custos indiretos (a exemplo de organização terrestre e serviços ao passageiro) e despesas operacionais (como despesas comerciais e despesas de administração) são contabilizados apenas por meio do coeficiente de bloco proposto pela ICAO, sem que haja a abertura da fórmula de cálculo.
4. A estimativa que apresentamos é incompleta pelo fato de faltarem-nos informações sobre algumas das aeronaves em operação no país. A título de exemplo, nossa estimativa do custo do atraso para a Azul é subestimada, pois não dispomos do custo do bloco da aeronave Embraer 190.
5. Importantes não-linearidades presentes na relação entre custos e fatores operacionais não estão contempladas neste primeiro exercício. Por esta razão, análises de sensibilidade geram resultados pouco interessantes (ex. o aumento de 20% no *load-factor* eleva os custos de passageiros no mesmo fator). Aplicar ao custo do bloco ajustes pautados na extensão da etapa de voo (*stage-length adjustment*) poderá retornar resultados mais realistas e com maior variabilidade.

Em que pese o número vasto de limitações, acreditamos na contribuição que o pioneirismo da estimativa possui. Em especial, abordagens "granulares", decompostas em níveis desagregados, tal como se procede aqui, permite que discussões candentes referentes a estímulos existentes para que empresas realizem ou não a chamada "internalização do atraso" torne-se uma tarefa alcançável.

[10] Ueda (2012) encontrou evidências de que voos com históricos de atrasos são, em média, 12% mais caros que o caso-base, em uma amostra de rotas a partir de aeroportos paulistanos entre 2008 e 2010.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2012. Anuário do Transporte Aéreo - Dados Estatísticos e Econômicos de 2012.

Barros, C. P. e Peypoch, N. (2009) An evaluation of European airlines' operational performance. **International Journal of Production Economics**, Vol. 122, n. 2, pp. 525–533.

Bendinelli, W. E. (2015) Determinantes dos atrasos em aeroportos brasileiros. Disponível em: goo.gl/CorC5D.

Brasil (2004). Portaria no. 1.334/SSA.

_____ (2010). Resolução no. 141/2010 da ANAC.

Brueckner, J. K. Airport congestion when carriers have market power. **American Economic Review**, v. 92, n. 5, p. 1357–1375, 2002.

Caves, D. W.; Christensen, L. R. and Tretheway, M. W. (1984) Economies of Density versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ. **Rand Journal of Economics**, vol. 15, n. 4, pp. 471-489.

Cook, A., Tanner, G. and Anderson, S. (2004) Evaluating the true cost to airlines of one minute of airborne or ground delay: Transport Studies Group, University of Westminster.

Daniel, J. I. Congestion Pricing and Capacity of Large Hub Airports : A Bottleneck Model with Stochastic Queues. **The Econometric Society Stable**, v. 63, n. 2, p. 327–370, 2011.

Daniel, J. I.; Harback, K. T. (When) Do hub airlines internalize their self-imposed congestion delays? **Journal of Urban Economics**, v. 63, n. 2, p. 583–612, 2008.

Ferguson, J, Kara, A. Q., Hoffman, K. and Sherry, L. (2013) Estimating domestic US airline cost of delay based on European model. **Transportation Research Part C**: Emerging Technologies, Vol. 33, pp. 311–323.

Holloway, S. (2003) Straight and Level: Practical Airline Economics. Ashgate Publishing Limited.

Horonjeff, R.; McKelvey, F.; Sproule, W. and Young, S. (2010) Planning and Design of Airports, 5th ed. McGraw-Hill Education, 688 p.

ICAO - International Civil Aviation Organization (2001). Base-Line Aircraft Operating Costs (Average per Block Hour). Appendix to ALLPIRG/4-WP/28.

Mayer, C.; Sinais, T. Network effects, congestion externalities, and air traffic delays: Or why not all delays are evil. **American Economic Review**, v. 93, n. 4, p. 1194–1215, 2003.

Meland, W. J. (2014) Measurement of a cost function for US airlines: restricted and unrestricted translog models. Journal of Transport Literature, Vol. 8, n. 2, pp. 38-72.

Morrinson, S. A.; Winston, C. Another Look at Airport Congestion Pricing. **The American Economic Review**, v. 97, n. 5, p. 1970-1977, Dezembro 2007.

Oliveira, A. V. M.; Lohmann, G.; Costa, T. G. (2015) Network concentration and airport congestion in a post de-regulation context: A case study of Brazil 2000–2010. **Journal of Transport Geography** (in press).

Rupp, N. G. Do carriers internalize congestion costs? Empirical evidence on the internalization question. **Journal of Urban Economics**, v. 65, n. 1, p. 24–37, 2009.

Silveira, J. A. (2003) Transporte Aéreo Regular no Brasil: Análise Econômica e Função de Custo. Dissertação de Mestrado, 235 p., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

Soares de Mello, J. C. C. B. et al. (2003) Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**, Vol. 23, n. 2, pp. 325-45.

Swan, W. M. and Adler, N. (2006) Aircraft trip cost parameters: A function of stage length and seat capacity. **Transportation Research Part E**, vol. 42, pp. 105-115.

Ueda, T. V. A. (2012) Partir do aeroporto de Congonhas é mais caro que de Guarulhos? Um estudo econométrico dos preços das passagens aéreas. **Journal of Transport Literature**, Vol. 6, n. 3, pp. 121-135.

U. S. Congress. Joint Economic Committee (2008). Your Flight Has Been Delayed Again: Flight Delays Cost Passengers, Airlines, and the U.S. Economy Billions. Report by the Joint Economic Committee Majority Staff: 110th Congress, 2nd Session.

Zou, L.; Yu, C.; Dresner, M. (2015) Fleet Standardization and Airline Performance. **Journal of Transport Economics and Policy**, Vol. 49, No. 1, pp. 149-166.

Young, S. e Wells, A. Aeroportos: Planejamento e gestão. 6 ed, Porto Alegre: Bookman, 2014.

Wei, W. and Hansen, M. (2003). Cost Economics of Aircraft Size. **Journal of Transport Economics and Policy**, vol. 37, n. 2, pp. 279-296.

Tabela 4. Custos operacional dos atrasos entre as três primeiras empresas aéreas em dólares de 2013.

Ano	1					2					3				
	Empresa	*Market-share*	$ Por voo	$ Por min	Custo Atrasos/Total	Empresa	*Market-share*	$ Por voo	$ Por min	Custo Atrasos/Total	Empresa	*Market-share*	$ Por voo	$ Por min	Custo Atrasos/Total
2000	VRG	41,9%	913,73	19,95	7,20%	TAM	25,3%	863,72	24,05	8,42%	VSP	10,5%	1396,59	24,02	7,64%
2001	VRG	40,6%	892,80	20,41	7,65%	TAM	32,3%	874,72	24,35	9,82%	VSP	9,7%	1381,94	24,03	10,57%
2002	VRG	38,6%	893,12	20,75	9,78%	TAM	36,7%	998,50	24,72	6,31%	VSP	9,2%	1411,07	23,86	10,12%
2003	VRG	31,2%	882,46	21,29	5,37%	TAM	33,9%	1139,23	25,09	3,79%	VSP	10,6%	1383,21	23,93	9,23%
2004	VRG	28,0%	951,40	22,66	5,13%	VSP	11,0%	1439,50	23,70	9,53%	GLO	16,3%	806,52	22,17	6,36%
2005	VRG	23,9%	1117,50	24,53	5,52%	TAM	35,3%	989,37	25,42	3,84%	GLO	22,0%	869,83	22,08	6,01%
2006	TAM	40,9%	1214,75	25,46	5,86%	GLO	27,7%	1205,13	22,08	6,67%	VRG	14,8%	1129,93	24,28	4,37%
2007	GLO	37,9%	1393,23	21,72	8,65%	TAM	40,9%	1331,45	25,64	6,74%	ONE	5,4%	1412,47	24,41	9,46%
2008	GLO	39,9%	928,70	21,18	3,32%	TAM	38,7%	1083,95	25,89	2,95%	ONE	5,0%	1325,66	24,02	5,04%
2009	GLO	35,9%	722,90	20,83	2,84%	TAM	33,6%	1012,91	25,92	2,26%	WEB	4,1%	954,38	22,87	3,53%
2010	GLO	33,4%	708,35	20,33	2,82%	TAM	33,6%	1038,87	25,30	2,38%	WEB	5,2%	980,62	22,87	5,17%