
FATORES INFLUENTES PARA CANCELAMENTO DE ROTAS AÉREAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19

Influential factors for cancellation of air routes in Brazil: an analysis in the context of Covid-19 pandemic

Ricardo Fernandes Consulin

Graduação em Infraestrutura Aeronáutica. Mestrado em Transportes pela UFPE (2020). Aluno de Doutorado em Engenharia de Transportes pela UFPE (2021-2024). ricardoconsulin@yahoo.com.br

Maurício Oliveira de Andrade

Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Civil (UFPE). Professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bolsista de produtividade do CNPq - PQ 2. Av. Prof. Moraes Rego, 1235. Cidade Universitária. 50670-901 - Recife, PE. mauricio.andrade@ufpe.br

Viviane Adriano Falcão

Engenheira Civil. Professora na Coventry University - Reino Unido e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPE). viviane.falcao@yahoo.com.br

Resumo: O setor de transporte aéreo passa por um período de mudanças devido à pandemia de Covid-19, e várias ações foram tomadas para a mitigação dos impactos econômicos causados. A recuperação tem sido contínua à medida que avançam a vacinação e o controle da doença, com as companhias aéreas voltando gradualmente ao nível de atividades pré-Covid-19, com rotas sendo criadas e outras canceladas, evidenciando a dinamicidade e a adaptabilidade do setor. Então, a identificação de rotas com potencial de encerramento no ano seguinte é uma informação que pode ser utilizada por planejadores, agentes públicos e administradores do setor aéreo para a melhoria da eficiência da rede, antecipação de ações de políticas públicas e melhor gerenciamento da infraestrutura aeroportuária. Assim, o objetivo do trabalho é identificar e discutir fatores influentes para o cancelamento de rotas aéreas no Brasil, considerando o contexto da pandemia de Covid-19, utilizando um modelo *logit* binário. Observou-se que as variáveis significativas que mais apareceram, considerando o Brasil e cada uma das suas regiões, foram: frequência de voos, distância voada, passageiros pagantes, criação de voo não regular para atendimento da demanda excedente e se havia ou não concorrência entre as companhias aéreas Azul e Latam para uma determinada rota.

Palavras-chave: rotas aéreas canceladas; modelo *logit*; transporte aéreo; Covid-19.

Abstract: The air transport sector is changing due to the COVID-19 pandemic, and various actions have been taken to mitigate the economic impacts. The recovery has been continuous as vaccination progresses and disease control improves, with airlines gradually returning to pre-COVID-19 activity levels. Routes are being created and others cancelled, highlighting the dynamism and adaptability of the sector. Identifying routes with the potential for closure in the following year is information that can be used by planners, public officials and administrators in the aviation sector to improve network efficiency, anticipate public policy actions and better manage airport infrastructure. Thus, the work aims to identify and discuss influential factors for the cancellation of air routes in Brazil, considering the context of the Covid-19 pandemic, applying a binary logit model. It was observed that the significant variables that appeared most frequently, considering Brazil and each of its regions, were: flight frequency, distance flown, paying passengers, the creation of non-regular flights to meet excess demand, and whether there was competition between Azul and Latam airlines for a particular route.

Keywords: canceled air routes; logit model; air transport; Covid-19.

1 INTRODUÇÃO

O setor de transporte aéreo tem sido extremamente afetado e tem demonstrado fragilidade para lidar com a situação criada pela pandemia de Covid-19, frente às medidas governamentais para evitar a propagação da doença, desde *lockdowns* em diversos locais, regiões, países, como também a aplicação de períodos de quarentenas para viajantes provenientes de regiões afetadas, com controle rigoroso da imigração, ou mesmo a proibição de entrada em alguns casos, com o fechamento de fronteiras.

O impacto na conectividade aérea mundial foi avassalador, com quedas de aproximadamente 75% na quantidade de voos comerciais logo no primeiro mês, após a declaração da Organização Mundial de Saúde (OMS) de que a doença tinha se tornado uma pandemia, em março de 2020 (DUBE; NHAMO; CHIKODZI, 2021).

Conforme destaca o relatório de conectividade do *Airports Council International (ACI) Europe* (2020), a cada aumento de 10% na conectividade aérea, são gerados 0,5% de aumento no PIB *per capita*, o que evidencia a sua importância para a capacidade produtiva da sociedade. Considerando que o relatório mostra que em novembro de 2020, seis meses após o início da crise pandêmica, mais de 6.000 rotas ainda permaneciam fechadas nos aeroportos europeus, o que representou 50% de decréscimo em relação ao mesmo período em 2019, infere-se que a recuperação ainda vai demorar alguns meses e que a economia sofreu perdas substanciais.

Estudos sobre a suspensão e/ou encerramento de rotas aéreas são pouco explorados na literatura, pois a preocupação sempre tem sido a criação e/ou reativação delas. No entanto, alguns autores deixaram importantes contribuições na tentativa de compreender o fenômeno. Lohmann e Vianna (2016) utilizaram entrevistas semiestruturadas com *stakeholders* para entender as relações e os processos de negociação usados para evitar suspensões de rotas, enquanto Calderón (1997) estudou a sustentabilidade de uma rota e mostrou os fatores que influenciam na sua demanda.

Visando a contribuir com essa lacuna de conhecimento, o presente trabalho mostra uma análise empírica sobre rotas aéreas suspensas no Brasil, comparando janeiro de 2020 com janeiro de 2021. Busca-se, assim, identificar no contexto da pandemia da Covid-19 as rotas canceladas e investigar os possíveis motivos pelos quais elas deixaram de ser viáveis sob a perspectiva das companhias aéreas.

A hipótese que se propõe é de que as rotas canceladas apresentam características comuns, que vão além das questões de queda da demanda e não lucratividade, que representam as variáveis mais importantes para o potencial sucesso ou fracasso de uma ligação aérea. Na metodologia desenvolvida, foi utilizado um modelo *logit* binário para identificar as variáveis significativas que explicam as razões por que uma rota é fechada, considerando o Brasil como um todo e cada uma das suas regiões, além das suas especificidades.

Além desta seção introdutória, o presente trabalho apresenta outras cinco seções. A seção 2 faz uma revisão da literatura e aborda alguns estudos realizados sobre a abertura e o fechamento de rotas aéreas. A seção 3 mostra a metodologia proposta para desenvolver o problema, por meio da utilização de um modelo de escolha discreta. A seção 4 faz uma breve análise sobre os valores dos parâmetros das variáveis encontrados no modelo e discute os resultados. Finalmente, a seção 5 apresenta algumas conclusões e faz recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Desde os primórdios da humanidade, o homem tem se movimentado por meio de rotas para a realização de trocas e comércio por bens e serviços, seja por terra, como a famosa Rota da Seda, seja pela água, como no período das grandes navegações na Idade Média, para o comércio de especiarias. As rotas aéreas surgem apenas no século 20, com o objetivo inicial de levar o correio

aéreo e, depois, o transporte de passageiros. Elas vêm a se desenvolver rapidamente logo após a 2ª Guerra Mundial, devido ao rápido avanço tecnológico, o que permitiu superar com segurança barreiras de tempo em relação aos outros meios de transporte (Fernandes e Pacheco, 2016).

Até 2019, o Brasil era o 6º maior mercado aéreo doméstico do mundo (IATA, 2020), superado apenas pelos EUA, China, Índia, Japão e Indonésia, o que demonstra um enorme potencial para a abertura de novas rotas aéreas.

De acordo com Klabjan (2003), a escolha das rotas é feita de acordo com critérios mercadológicos aprovados pela direção de uma companhia aérea, que vão desde a exploração de uma demanda potencial até o cumprimento de interesses específicos, como entrar no mercado de uma concorrente, ou mesmo criar um mercado. Assim, a abertura de novas rotas requer bastante pesquisa, que envolve não apenas aspectos de mercado, como estudos de viabilidade de trechos similares, análises demográficas, previsões de demanda, capacidade das aeronaves disponíveis, disponibilidade de infraestruturas, mas também a possibilidade de agregar parceiros públicos e/ou privados, que atuam como facilitadores e/ou investidores.

Enquanto as operadoras podem enxergar destinos potenciais, em que a criação de novas rotas diminui os custos de viagens aos clientes, facilitando o acesso, e movimenta a economia local (ALLROGGEN; MALINA; LENS, 2013; LOHMANN; VIANNA, 2016), autoridades governamentais, como de alguns estados do País, promovem a diminuição de alíquotas de impostos sobre combustíveis para atrair mais voos, visando a desenvolver o turismo ou aumentar a acessibilidade em determinada região.

Já os gestores de aeroportos estudam o mercado de forma contínua para desenvolver o melhor modelo de negócios, incentivando a exploração de rotas que apresentem potencial específico para uma companhia aérea. Assim, fazem com que se aumente a conectividade aérea, contribuindo para o crescimento do setor aeroportuário. Oferecer infraestruturas e facilidades, além do gerenciamento eficiente dos *slots*, também pode fazer parte dessa estratégia de desenvolvimento e atração de novas rotas aéreas (BABIC; KALIC, 2012).

Outra forma de fomento caracteriza-se por políticas de descontos nas tarifas aeroportuárias ou incentivos a determinadas rotas. Essa estratégia contribui para que se atraia mais tráfego de aeronaves e, conseqüentemente, maior demanda de passageiros. Estudo de Allroggen, Malina e Lens (2013) apresenta os principais fatores que sustentam esse tipo de abordagem.

De acordo com a ACI EUROPE (2020), a conectividade não é simplesmente uma medida de quantas ligações de pares de cidades há ou a frequência de voos entre esses pares, mas uma composição entre elas somada à qualidade das conexões (disponibilidade, quantidade de etapas e tempo de voo). Com esse enfoque, apresenta-se uma classificação em quatro tipos de conectividade aeroportuária:

- Direta: quantidade de ligações diretas existentes e frequências de voo para um mesmo destino;
- Indireta: medida do número de locais a que se pode chegar, através de voo de conexão de um aeroporto *hub* a partir de um aeroporto específico;
- De aeroporto: soma das conectividades direta e indireta anteriores, perfazendo uma medida geral de conectividade do aeroporto para o resto do mundo;
- De *hub*: medida do número de voos de conexão que podem ser usados no aeroporto *hub* em questão.

Assim, a abertura e/ou fechamento de rotas exercem impacto direto na conectividade. Deveci, Demirel e Ahmetoglu (2017), em estudo sobre o mercado das ligações da Turquia para cidades na América do Norte, citam que em anos recentes, a análise de novas rotas tornou-se uma importante informação para que as decisões estratégicas das empresas sejam bem-sucedidas. Nesses estudos, são levantadas continuamente receitas latentes, lucratividade e potencial de mercado, através de

cenários alternativos em que são feitas análises de sensibilidade. Também podem ser utilizados softwares, como o *Passenger Intelligence Services (PaxIS)* da IATA, para ajudar a conduzir análises estratégicas sobre planejamento e otimização de redes, de frotas, de receitas etc.

Em seu trabalho, aqueles autores aplicaram modelos matemáticos para a seleção de uma rota internacional, através de método de decisão multicritério, em que são considerados onze critérios. Dentre esses critérios, os que se mostraram mais relevantes foram: distância e custos envolvidos (combustível, tripulação, serviço de bordo etc.) e número de passageiros em potencial chegando/partindo do aeroporto, em detrimento de outros critérios mais usuais como população, PIB, número de companhias aéreas na mesma rota, frequência de voos, número de passageiros frequentes e sazonalidade. Isso mostra que a análise sempre deve ser feita considerando as características de cada localidade em um dado momento, pois o mercado é dinâmico e depende de inúmeros fatores, que nem sempre são visualizados e considerados.

Às vezes, há rotas que são subsidiadas para aumentar a acessibilidade de uma região, conforme estudo de Kineme *et al.* (2020), que apresenta um modelo matemático para auxiliar administradores e autoridades na seleção ótima de uma rede dessas rotas na Suécia. Em mercados de ampla concorrência, essas rotas não dispõem de voos comerciais, pois não seriam lucrativas devido aos custos operacionais envolvidos e à baixa demanda.

Apesar disso, a demanda ainda continua sendo um dos aspectos mais importantes. Segundo Jorge-Calderón (1997), ela é definida por dois tipos principais de fatores: os geoeconômicos e os relacionados aos serviços. Estes determinados pela qualidade e preço, aqueles pela atividade econômica e características locais. No trabalho apresentado por Wang e Song (2010), as principais variáveis encontradas na literatura referentes aos fatores geoeconômicos foram: renda, população, distância de acesso ao aeroporto e, competição com outros aeroportos nas proximidades. Já para os fatores relacionados a serviços, as variáveis que se destacaram foram: frequência de voo, fator de carregamento e tamanho e/ou tecnologia da aeronave.

Outros estudos acrescentaram novas variáveis que também influenciam a demanda por transporte aéreo, por exemplo: dia da semana, estação do ano, fidelidade do cliente, programas de milhagem, estratégia de *hub*, competição intermodal, conforto do voo, atraso do voo, introdução de empresas *low-cost* etc. (TRETHERWAY; OUM, 1992; CHIN, 2002; CASTELLI; PESENTI; UKOVICH, 2003; MASON, 2005; ORTÚZAR; SIMONETTI, 2008).

A demanda, no caso a insuficiência dela, também está associada com a maioria das razões para a suspensão de uma rota. No entanto, há também outros fatores importantes, que precisam ser levados em consideração, como as características locais dos aeroportos e o envolvimento das partes interessadas, entre outros. O estudo de Lohmann e Vianna (2016) explora os fatores dentro e fora da aviação que influenciaram o encerramento de rotas aéreas domésticas australianas, além do papel das partes envolvidas: operadores, administradores, governo e companhias aéreas, conforme pode ser visto na Figura 1. Segundo os autores, a lucratividade da rota é o fator mais importante entre os fatores aeronáuticos e está ligado diretamente à qualidade dos serviços prestados. Outras questões como a disponibilidade de aeronaves com tamanhos compatíveis com as demandas existentes, ter *slots* disponíveis para a operação em determinado aeroporto, se há ou não *low-cost-carriers* operando na rota e os custos operacionais envolvidos também são fundamentais.

Figura 1 – Fatores que influenciam a demanda por transporte aéreo



Fonte: Adaptado de Lohmann e Vianna (2016).

Olischer e Dörrenbächer (2013) discutem como o crescimento de companhias do tipo *low-cost-carriers* (LCC) tem influenciado o relacionamento entre as companhias aéreas e os aeroportos, fazendo com que as LCC busquem aeroportos com menores taxas, que atendam ao modelo de negócios, o que faz com que haja relocação ou cancelamentos de rotas aéreas das demais companhias com maior frequência.

Como fatores não aeronáuticos, Lohmann e Vianna (2016) destacam, além da população e sua renda, o desenvolvimento econômico, a estabilidade social da região e a sazonalidade, devido à qual voos podem operar temporariamente, como voos abertos durante o verão para destinos da Região Nordeste do Brasil, por exemplo. O clima também é considerado, pois a presença de mau tempo ou nevoeiros constantes pode ser um dificultador para o sucesso e permanência de uma rota.

Em outra perspectiva, focando no mercado aéreo chinês, trabalhos de Liu *et al.* (2009, 2011)) mostraram que para a estrutura da rede aérea, variáveis como população, PIB e distância entre duas cidades não são significativas, diferentemente da variável referente aos resultados do setor terciário. Essas conclusões também aparecem nos estudos de Zhang *et al.* (2016), em que mostram que a abertura de uma rota não é determinada somente pelo fluxo potencial de passageiros, mas é afetada significativamente pelos resultados do setor de comércio e serviços e pelo grau de conectividade entre duas cidades (mas é pouco influenciada pela distância entre elas).

Zhang *et al.* (2016) constataram que mesmo sem demanda suficiente, algumas rotas chinesas permanecem abertas por vários motivos, entre os quais: i) as rotas ajudam as companhias aéreas a acessar a um mercado potencial; ii) as autoridades querem que as rotas continuem operando, pois atendem a muitas pessoas e/ou regiões remotas; iii) as pequenas e médias cidades criam políticas de incentivos, como isenções fiscais, para encorajar as rotas a permanecerem abertas, tanto quanto possível, para que a economia local possa desenvolver-se mais rapidamente.

Outro ponto pouco explorado na literatura sobre a manutenção e/ou fechamento de uma rota é a relação entre as companhias aéreas e os administradores aeroportuários, os operadores e os agentes governamentais. Em caso de encerramento, todos saem perdendo, sejam os governos, que deixam de arrecadar impostos com o turismo e as atividades econômicas que poderiam ser geradas, sejam os operadores, que perdem clientes potenciais, sejam os administradores aeroportuários, que perdem receitas de serviços aeroportuários e não aeroportuários e, finalmente, as com-

panhias aéreas, que perdem demanda de passageiros, um dos seus principais meios para levantar recursos financeiros.

Considerando todos os pontos anteriores e após análise de entrevistas realizadas com essas partes interessadas, Lohmann e Vianna (2016) enumeram algumas das causas levantadas para o encerramento real de algumas das rotas aéreas australianas, que talvez possam ser extrapoladas para outros estudos:

- Baixo desempenho e não lucratividade por baixa demanda;
- Altos custos de operação no aeroporto de destino;
- Baixa lucratividade por gerenciamento ineficaz da rota (falta de promoção da rota/marketing ineficiente);
- Sazonalidade;
- Competição com *low-cost-carriers*;
- Baixa ocupação de assentos (*load factor*), inviabilizando a rota, apesar de incentivos públicos oferecidos para a manutenção da rota;
- Aeronave incompatível com a demanda (capacidade/disponibilidade);
- Oferta acima da demanda para determinado destino (*overcapacity*);
- Baixa interação entre gestores aeroportuários e a companhia aérea para tentar recuperar uma rota antes do fechamento; e, finalmente,
- Relacionamento deficiente entre operadores, administradores e companhias aéreas na composição de parcerias.

Dessa forma, após explorar os principais fatores (aeronáuticos e não aeronáuticos), os atores envolvidos e algumas das causas reais de encerramento de uma rota aérea sob uma perspectiva internacional, pode-se partir para analisar-se o caso brasileiro, considerando-se as rotas e os voos realizados, através da metodologia que segue proposta no próximo tópico.

3 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto por este artigo, que é identificar e discutir os fatores influentes para o cancelamento de rotas aéreas no Brasil, considerando o contexto da pandemia de Covid-19, buscaram-se no banco de dados da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (2021) informações amplas sobre os voos realizados em 2020 e 2021.

Os dados disponibilizados pela ANAC continham, para cada voo, informações sobre:

- Empresa aérea (sigla, nome e se é nacional ou estrangeira);
- Data (ano, mês);
- Aeroporto de origem e de destino (sigla e nome do aeroporto, UF, região, país, continente);
- Natureza da viagem (nacional ou internacional);
- Grupo de voo (regular, não regular, improdutivo);
- Passageiros, carga e correio (pago, grátis, assentos km oferecidos – *Available Seat-Kilometers* – ASK, passageiros km pagos transportados – *Revenue Passenger-Kilometers* – RPK, toneladas km oferecidos – *Available Tonne kilometers* – ATK, toneladas km pagos transportadas – *Revenue Tonne Kilometers* – RTK, carga paga.km, carga grátis.km, correio.km, assentos, *payload*, bagagem); e

- Dados do voo (combustível gasto, distância voada, número de decolagens, horas voadas).

A base de dados foi obtida no sítio eletrônico da ANAC, no qual constam informações mensais dos voos e operações aéreas em todos os aeroportos nacionais. Constam na base aproximadamente 26,7 mil dados em 2020, sendo 66,7% nacionais, dos quais 1.543 foram referentes às operações da Azul, Gol e Latam em janeiro de 2020.

O mês de janeiro de 2020 foi escolhido por ser a época com maior fluxo turístico de passageiros e com isso ser o mês com maior movimento aéreo do ano, e então se verificou quais voos nacionais de janeiro de 2020 deixaram de operar em janeiro de 2021, para que fosse feita a análise dos fatores que poderiam ter influenciado.

Para isso, nos dados de janeiro de 2020, após considerar somente os voos nacionais e que não fossem improdutivos das empresas aéreas Azul, Gol e Latam, também foram retirados os voos que apresentavam lacunas de informações, como os voos sem a quantidade de passageiros transportados ou sem a distância voada, para então ser feita uma análise descritiva inicial.

Então, foi aplicado um modelo de escolha discreta, também conhecido como modelo de escolha qualitativa, do tipo *logit* binário, para calcular a probabilidade de fazer-se uma escolha considerando-se o termo independente, vários fatores explicativos, X_i e um termo de erro ε_i , que representa os atributos não observados ou excluídos pelo pesquisador, conforme mostra a equação 1. (GUJARATI; PORTER, 2011; WASHINGTON; KARLAFTIS; MANNERING, 2011):

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon_i)}} \quad (1)$$

No modelo *logit*, todos os valores estimados da variável dependente rotas canceladas situam-se entre zero e um, sendo que o modelo é capaz de incorporar efeitos não lineares, com coeficientes estimados que indicam o impacto relativo de cada variável independente, de forma semelhante a uma regressão linear tradicional.

Como os dados são individuais, ou seja, não agrupados, o objetivo é obter os valores dos parâmetros desconhecidos de modo que a probabilidade de observar os dados da variável dependente seja a mais alta possível, ou seja, é maximizada a função de verossimilhança pela equação (2):

$$f(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, y_n) = \prod_1^n P_i^{Y_i} (1 - P_i)^{1 - Y_i} \quad (2)$$

No modelo *logit*, ao fazer-se o antilogaritmo, obtém-se a razão de chances dada pela divisão entre as probabilidades da ocorrência (P_i) e não ocorrência do evento ($1 - P_i$), de tal forma que a probabilidade de ocorrência pode ser dada pela equação (3), abaixo:

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = e^{\beta_1 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon_i} \rightarrow P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon_i)}} = \frac{e^{(\beta_1 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon_i)}}{1 + e^{(\beta_1 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon_i)}} \quad (3)$$

Então, se a função *logit* ($\beta_1 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon_i$, da equação 3) tem sinal positivo, significa que quando o valor do coeficiente do regressor aumenta/diminui, aumenta/diminui a probabilidade de ocorrência do evento P_i , aproximando-se/afastando-se cada vez mais de 1. Agora, se o sinal for negativo, quando o valor do coeficiente aumenta/diminui, diminui/aumenta a probabilidade da ocorrência do evento P_i , aproximando-se/afastando-se cada vez mais, agora de zero (GUJARATI; PORTER, 2011; WASHINGTON; KARLAFTIS; MANNERING, 2011).

Dessa forma, cada coeficiente é uma medida de variação do *logit*, considerando uma unidade percentual de variação do regressor, o que é chamado de elasticidade. Resumindo, o sinal positivo ou negativo vai representar o impacto direto ou inverso das variáveis independentes sobre a variável dependente, além das intensidades com que cada variável afeta a razão de chances da ocorrência da variável dependente definida no modelo, que é rota cancelada.

Os modelos *logit* propostos para estudar as rotas canceladas em cada região do País basearam-se nas variáveis independentes listadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Variáveis utilizadas no modelo para o Brasil e cada uma de suas regiões

Variáveis	NE	N	CO	S	SE	BRASIL
Decolagens	x	x	x	x	x	x
Distância voada	x			x	x	x
Criado voo não regular (S/N)	x		x	x	x	x
Pax_pago	x		x		x	x
Fator carga			x			
Grupo de voo (regular/não regular) (S/N)					x	x
Concorrência Azul e Latam (S/N)	x	x	x			x
Concorrência Azul e Gol (S/N)		x				x
Azul (S/N)	x				x	
Gol (S/N)	x				x	
Latam (S/N)				x		x
Base Latam (S/N)					x	
Centro-Oeste (S/N)						x
Sul (S/N)						x

Fonte: Autores.

A equação (4) apresenta o modelo *logit* utilizado, sendo que para cada região do País, ou o Brasil como um todo, devem ser consideradas apenas as variáveis assinaladas da Tabela 1:

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 \cdot Dec_i + \beta_3 \cdot Dist_Voada_i + \beta_4 \cdot Criado_VNR_i + \beta_5 \cdot Pax_pago_i + \beta_6 \cdot Fator_carga_i + \beta_7 \cdot Grupo_Voo_i + \beta_8 \cdot Conc_Azul_Latam_i + \beta_9 \cdot Conc_Azul_Gol_i + \beta_{10} \cdot Azul_i + \beta_{11} \cdot Gol_i + \beta_{12} \cdot Latam_i + \beta_{13} \cdot Base_Latam_i + \beta_{14} \cdot Centro_oeste_i + \beta_{15} \cdot Sul_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

Em que:

L_i = rota cancelada (1 – sim ou 0 – não);

β_i = coeficientes dos atributos a serem calculados;

Dec_i = número de decolagens;

$Dist_Voada_i$ = distância voada em km entre a origem e o destino;

$Criado_VNR_i$ = se foi criado ou não voo não regular complementar para aquela rota;

Pax_pago_i = quantidade de passageiros pagantes no voo;

Fator carga = razão entre a carga transportada realizada e a total possível (RTK/ATK);

$Grupo_voo_i$ = voo regular (1) e não regular (0);

$Conc_Azul \times Latam_i$ = rota existente operada pelas duas companhias aéreas (1 – sim ou 0 – não);

$Conc_Azul \times Gol_i$ = se a rota existente é operada pelas duas companhias aéreas (1 – sim ou 0 – não);

$Azul_i$ = se a rota existente é operada pela Azul, (1 – sim ou 0 – não);

Gol_i = se a rota existente é operada pela Gol, (1 – sim ou 0 – não);

$Latam_i$ = se a rota existente é operada pela LATAM, (1 – sim ou 0 – não);

$Base_Latam_i$ = se a rota existente tem origem ou destino em base de operações da Latam: Brasília, Congonhas, Galeão, Guarulhos ou Fortaleza (1 – sim ou 0 – não);

$Centro-Oeste_i$ = se a rota tem origem na Região Centro-Oeste (1 – sim ou – não);

Sul_i = se a rota tem origem na Região Sul (1 – sim ou 0 – não); e

β_i = erro aleatório da função.

Conforme citado anteriormente, considerando que no modelo de regressão logística a contribuição da variável independente no aumento ou diminuição da probabilidade é feita pela análise do seu efeito marginal, que também é chamado de elasticidade, a próxima seção apresenta os resultados dessas variações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

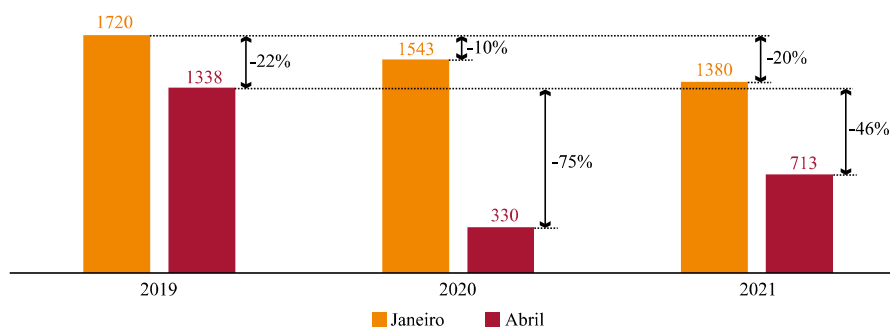
Após o início da pandemia, muitos comportamentos na sociedade foram afetados, entre os quais as motivações para viagens aéreas. Seria factível deduzir que a maioria dos cancelamentos de voos foram devidos à pandemia, o que não é necessariamente uma realidade, conforme pode ser inferido no Gráfico 1, em que aparecem as quantidades de voos realizados em janeiro e em abril, entre os anos de 2019 e 2021.

Verifica-se que em abril de 2020, primeiro mês após a decretação da pandemia, o número de voos teve uma queda expressiva de 75% em relação a abril de 2019. Já em abril de 2021, essa queda diminuiu para 46%, também em relação a abril de 2019. Essas reduções de oferta estão intuitivamente associadas ao evento da pandemia. Comparando-se as reduções de oferta entre abril de 2020 e 2021 em relação a abril de 2019, verifica-se uma recuperação de quase 30% na quantidade de voos, podendo-se inferir que os efeitos da pandemia sobre a demanda aérea estão sendo atenuados.

Por outro lado, ao compararem-se os meses de janeiro e abril de 2019, verifica-se uma queda de aproximadamente 22% na oferta, o que indica uma influência da sazonalidade, haja vista janeiro ser tradicionalmente a época de férias da maioria dos brasileiros. Além disso, já ocorriam antes da pandemia reduções de ofertas de voos em pleno verão, evidenciadas pela retração em 10% entre janeiro de 2019 e janeiro de 2020, sugerindo um possível esfriamento da atividade econômica. Logo, a retração de voos nos períodos considerados pode sugerir outros tipos de causas, como fatores sociais, econômicos e sazonais, que associados à pandemia foram os principais responsáveis pelo quadro descrito.

Assim, o fechamento de uma rota aérea sugere uma relação de causalidade não apenas com a pandemia em si, mas com outros fatores, por exemplo: queda do número de passageiros, diminuição da frequência dos voos, aumento de custos, presença ou não de outra companhia na mesma rota etc.

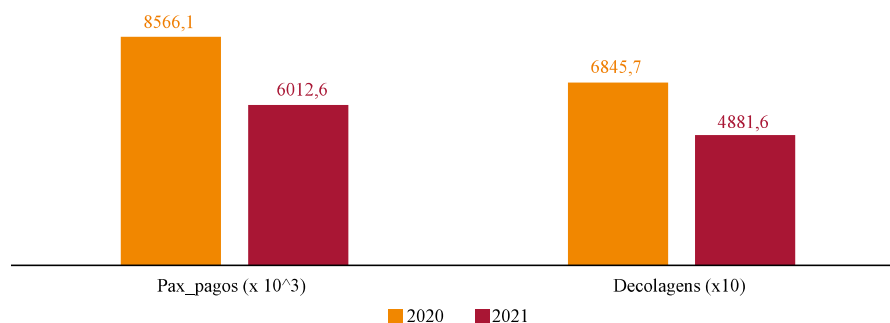
Gráfico 1 – Voos domésticos (Azul, Gol e Latam)



Fonte: ANAC (2021).

Analisando-se a variação do número de passageiros e da quantidade de decolagens, para o mês de janeiro dos anos de 2020 e 2021, conforme mostra o Gráfico 2, verifica-se uma queda aproximada de 30% desses dois fatores, entretanto a média de passageiros por voo permaneceu aproximadamente a mesma (125,13 para 2020 versus 123,16 para 2021). Esses números sugerem a tentativa das empresas aéreas de ajustar a oferta à demanda, buscando o equilíbrio de custos e receitas.

Gráfico 2 – Número de passageiros e de decolagens – janeiro de 2020 x janeiro de 2021



Fonte: ANAC (2021).

Essas duas variáveis serão exploradas para a montagem do modelo *logit* proposto, utilizando-se os dados da ANAC para viagens nacionais, considerando o mês de janeiro, conforme já discutido anteriormente.

Na Tabela 2, pode-se verificar, por região, a quantidade total de rotas ativas em janeiro de 2020 e quantas dessas rotas foram fechadas em janeiro de 2021, por cada companhia aérea. Observa-se que apesar de a Azul ter fechado mais rotas aéreas em todas as regiões, foi a Latam a companhia que proporcionalmente mais encerrou voos, pois tinha a menor fatia do mercado (20,7%), mas entre as rotas fechadas, respondeu por 29,5% dos encerramentos.

Tabela 2 – Rotas totais em jan. 2020 e canceladas em jan. 2021 por companhia aérea e por região do País

Região	NE	N	CO	S	SE	Subtotais	
Todas as Rotas							
Azul	205	55	78	112	297	747	48,4%
Gol	133	46	54	61	182	476	30,9%
Latam	72	27	54	41	126	320	20,7%
Subtotais	410	128	186	214	605	1543	100%
	26,6%	8,30%	12,0%	13,9%	39,2%	100%	
Rotas canceladas							
Azul	53	12	24	40	82	211	52,4%
Gol	16	6	4	20	27	73	18,1%
Latam	28	12	10	22	47	119	29,5%
Subtotais	97	30	38	82	156	403	100%
	24,1%	7,45%	9,45%	20,3%	38,7%	100%	

Fonte: ANAC (2021).

Considerando-se os dados anteriores e aplicando-se o modelo *logit* binário discutido na seção anterior (Metodologia), tem-se a Tabela 3, que apresenta os coeficientes e as respectivas significâncias (p-valor) dos modelos calculados para cada região e também para o Brasil.

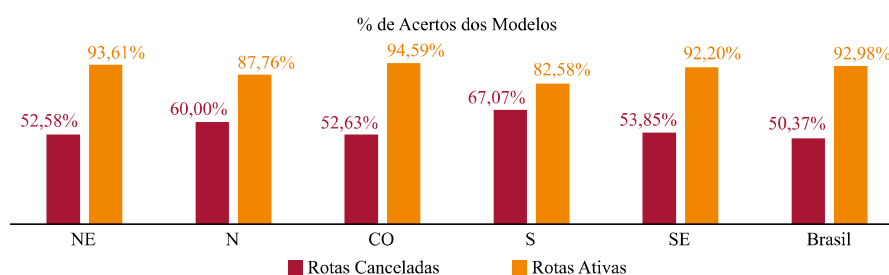
Tabela 3 – Parâmetros e significâncias das variáveis do modelo para o Brasil e cada uma das suas regiões

Variáveis	NE	N	CO	S	SE	Brasil
Constante	2,12***	0,321	-1,18	1,47***	2,93***	1,89***
Decolagens	-2,09e-2***	-6,29e-2***	-4,14e-2***	-3,65e-2***	-2,22e-2***	-2,62e-2***
Distância voada	-6,38e-4***			-7,42e-4*	-5,47e-4***	-5,45e-4***
Criado voo não regular (S/N)	-1,89***		-1,60***	-1,52***	-1,401***	-1,48***
Pax_pago	-7,02e-3**		-1,56e-2***		-8,13e-3***	-6,02e-3***
Fator carga			3,94**			
Grupo de voo (regular/não regular) (S/N)					-1,014***	-0,478***
Concorrência Azul e Latam (S/N)	1,05***	2,78***	1,26**			0,964***
Concorrência Azul e Gol (S/N)		-2,86***				-0,486***
Azul (S/N)	-0,726*				-0,539*	
Gol (S/N)	-1,09**				-1,36***	
Latam (S/N)				1,38***		0,752***
Base Latam (S/N)					1,162***	
Centro-Oeste (S/N)						-0,647***
Sul (S/N)						0,411**
R ² de McFadden	27,42%	34,34%	32,43%	27,18%	28,51%	26,15%
Acurácia observada (AcObs)	83,90%	81,30%	86,0%	76,6%	82,3%	81,9%
K	0,5088	0,4790	0,5227	0,5004	0,4987	0,4811
Teste de razão de verossimilhança	123,05***	47,87***	61,10***	77,43***	196,96***	463,46***
	*** p < 1%	** p < 5%	* p < 10%			

Fonte: Autores.

Para cada uma das regiões, o modelo calculou a porcentagem de casos corretamente previstos para as rotas ativas (> 82%) e canceladas (> 50%), conforme apresentado no Gráfico 3, em que se pode verificar que o modelo mais assertivo para as rotas canceladas foi o da Região Sul ($k = 0,5004$), apesar desta apresentar a menor acurácia (76,6%) em relação às demais regiões. Considerando o País, as porcentagens foram 93,0% e 50,4%, respectivamente.

Gráfico 3 – Previsão dada pelos modelos para as rotas de cada região do Brasil



Fonte: Autores.

4.1 Interpretação dos modelos

Todos os modelos regionais apresentaram cada uma das suas variáveis significantes, com níveis de significância abaixo de 10% (3 variáveis), de 5% (4 variáveis), ou de 1% (20 variáveis) e, por isso, podem ser feitas as próximas considerações. Já para o modelo nacional, exceto a variável se o voo tinha origem na Região Sul, todas as demais foram significantes abaixo de 1%.

Observou-se que entre as variáveis significativas para o fechamento de uma rota, o número de decolagens apareceu em todas as regiões, enquanto o número de passageiros pagos, distância voada, criação de voo não regular e a existência de concorrência entre as companhias aéreas Azul e Latam apareceram para a maioria das regiões.

Assim, o sinal negativo do número de decolagens significa que quanto mais decolagens existentes na rota, menor a chance de ela ser cancelada, sendo na Região Norte a sua maior influência, 0,061 vezes [1-EXP(-0,0629)], ou seja, o número maior de decolagens influencia muito mais para o não fechamento da rota na Região Norte do que nas Regiões Sudeste 0,022 vezes [1-EXP(-0,0222)] e Nordeste 0,021 vezes [1-EXP(-0,0209)], que revelaram os menores impactos. O mesmo acontece, agora com o sinal positivo, em relação à concorrência Azul e Latam, pois, quando ela existe, a chance de encerramento da rota por uma das companhias aéreas é maior, principalmente na Região Norte 16,1 vezes [EXP(2,78)], em relação às Regiões Centro-Oeste 3,5 vezes [EXP(1,26)] e Nordeste 2,9 vezes [EXP(1,05)].

Todas as variáveis que apareceram em mais de uma região apresentaram os mesmos sinais negativos. Assim, quando há criação de rotas não regulares, menor é a chance de o voo ser cancelado, principalmente no Nordeste 0,85 vezes [1-EXP((-1,89))], que teve o menor valor em relação às demais regiões, provavelmente por ser uma região com vários destinos turísticos de férias, haja vista os dados serem referentes ao mês de janeiro.

Ao considerar-se a distância voada, voos provenientes da Região Sul têm menor probabilidade de cancelamento 0,0007 vezes [1-EXP(-0,00074)], com pouca diferença em relação às Regiões Nordeste 0,0006 vezes [1-EXP(-0,00064)] e Sudeste 0,0005 vezes [1-EXP(-0,00055)]. O mesmo ocorre em relação ao número de passageiros pagos, com a Região Centro-Oeste 0,015 vezes [1-EXP(-0,015)] com a menor probabilidade, em relação às Regiões Sudeste 0,008 vezes [1-EXP(-0,008)] e Nordeste 0,007 vezes [1-EXP(-0,007)].

Nas Regiões Sudeste e Nordeste, os voos da Gol (74,3/66,4) [1-EXP(-1,36)/1-EXP(-1,09)] têm menores chances de cancelamento em relação aos voos da Azul (41,7/51,8) [1-EXP(-0,54)]/[1-EXP(-0,73)], e estes em relação aos voos da Latam, conforme o que já foi apresentado na Tabela 2.

As demais variáveis aparecem influenciando em apenas uma das regiões. Enquanto fator carga, na Região Centro-Oeste, se o voo era da Latam, na Região Sul, e se o aeroporto era base da Latam, na Região Sudeste, aumentam a chance de cancelamento de uma rota, as variáveis se o voo era regular ou não, na Região Sudeste, ou se havia concorrência entre a Azul e a Gol, na Região Norte, diminuem aquela probabilidade.

Em nível nacional, todas as variáveis apresentaram os mesmos sinais das regiões do País, tendo as mesmas interpretações anteriores, sendo acrescentadas as variáveis que referenciavam se a rota tinha origem na Região Centro-Oeste ou na Região Sul. Neste, o sinal positivo indica que aumenta a chance de a rota ser cancelada se ela for originada na Região Sul, enquanto naquele, o sinal negativo significa que há menos chance de encerramento, conforme consta na Tabela 4.

Variáveis geoeconômicas como população, renda *per capita*, fator de carregamento dos voos (passageiros e cargas), entre outras, foram testadas, mas não se resultaram significativas. Além disso, variáveis observadas na literatura como tarifas, custos de operação, gerenciamento de *slots*, dinamismo do setor terciário e grau de conectividade não foram exploradas no modelo devido ao banco de dados utilizado não dispor desses indicadores. Além disso, como o estudo foi feito apenas para o mês de janeiro, a sazonalidade também deixou de ser uma variável explorada.

Tabela 4 – Probabilidade de encerramento de rota por região do País

Região	Probabilidade de encerramento de rotas (%)
Norte	11,13
Nordeste	14,05
Centro-Oeste	8,26
Sudeste	15,26
Sul	26,22
Brasil	16,03

Fonte: Autores.

4.2 Robustez dos modelos

Todos os modelos foram testados quanto à autocorrelação, não apresentando variáveis correlacionadas.

Os modelos também foram avaliados utilizando-se a estatística Kappa (K), que compara a acurácia observada (AcObs) com a acurácia esperada (AcEsp). Foi considerada a tabela de classificação referente aos dados observados versus dados preditos, também chamada de matriz de confusão, dada pela equação (5), a seguir:

$$\text{Matriz de Confusão: } \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} x & y \\ w & z \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

Então foram calculados: AcObs, AcEsp e K, conforme as Fórmulas (6), (7) e (8), dadas a seguir:

$$\text{AcObs} = \frac{x + z}{x + y + w + z} \quad (6)$$

$$\text{AcEsp} = \frac{(x + y) \cdot (x + w) + (z + w) \cdot (z + y)}{(x + y + w + z)^2} \quad (7)$$

$$K = \frac{\text{AcObs} - \text{AcEsp}}{1 - \text{AcEsp}} \quad (8)$$

Quanto maior a acurácia do modelo, maior o valor de K, que tem a vantagem de ser uma medida que permite comparar um modelo com qualquer outro modelo usado para a mesma tarefa de classificação. Ao calcular K para as cinco regiões, verificou-se que os modelos para as Regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sul foram os que revelaram os mais altos valores de K, 0,5227, 0,5088 e 0,5004, respectivamente; já para o País como um todo, o valor foi de 0,4811. Segundo classificação de Landis e Koch (1977), todos os modelos apresentaram nível de concordância moderada, com $0,40 < K < 0,60$.

4.3 Discussão sobre os erros aleatórios

Na função *logit*, é importante destacar que uma parcela do erro pode estar vinculada à análise de lucratividade de cada uma das rotas, que não foi feita, além de outras causas, como fatores políticos ou de regulação do mercado.

Questões como diminuição da frequência de voos, ou da quantidade de passageiros de um ano para o outro, ou mudança do tamanho da aeronave utilizada na rota, também não foram analisadas para cada rota. Assim, uma rota que passa de 50 voos em janeiro de 2020 para 2 voos em janeiro de 2021, ou que transportava 800 passageiros no mês e depois passa a transportar 200, ou que utilizava uma aeronave com capacidade de 120 lugares e passa a utilizar uma outra de 50 assentos, aparecerão como rotas ativas, apesar de terem uma tendência de encolhimento e/ou mesmo encerramento, que não é captada pelo modelo proposto, demandando estudos específicos.

Desde 2019, alguns governos estaduais, como o de São Paulo, Mato Grosso do Sul e, mais recentemente, Rio Grande do Sul (2020), Rio de Janeiro e Amazonas (2021), vêm negociando programas para estimular a ampliação, a diversificação e o desenvolvimento de transportes de passageiros e cargas nos estados, tendo como contrapartida desonerações fiscais. Em alguns casos, são dadas isenções de impostos incidentes sobre o querosene de aviação para todas as operações no estado em troca de manutenção de voos regulares em destinos pré-estabelecidos, ou criação de novas rotas, ou expansão das existentes, o que seria difícil de se mensurar no modelo proposto.

Outro fator a ser levado em consideração é quando existe um acordo *codeshare* entre duas companhias aéreas, situação atípica de mercado que cria algumas singularidades, influenciando na livre concorrência. Atualmente, desde junho de 2020, há um acerto de *codeshare* entre a Azul e a Latam, para 64 rotas, sendo 35 da Azul e 29 da LATAM, que se encerra em agosto de 2021 e teve como objetivo aumentar o fator de carregamento dos voos e as ofertas de horários e destinos.

Os aspectos anteriores, que podem afetar os erros aleatórios do modelo proposto, não têm por objetivo exaurir todas as possibilidades, mas alertar sobre a importância de se analisar situações pontuais, que em alguns casos podem causar vieses, motivando assim estudos específicos.

5 CONCLUSÕES

Atualmente, o mundo vem passando por uma crise pandêmica que mudou as formas de relacionamento e interação da sociedade, afetando diversas áreas, entre elas o setor aéreo, que teve quedas expressivas na demanda de passageiros. Isso fez com que diversas companhias reestruturassem suas malhas aéreas visando a uma melhor adequação, levando ao fechamento e/ou suspensão temporária de várias rotas.

O presente artigo se baseou nas seguintes questões de pesquisa: Quais seriam as características comuns das rotas que revelam maiores probabilidades de algum tipo de restrição provisória e/ou definitiva? Além das questões de queda da demanda e da não lucratividade, quais são as variáveis mais importantes para o potencial sucesso ou fracasso de uma ligação aérea? A resposta a essas questões constitui o objetivo que este trabalho procurou explorar.

Dessa forma, a principal meta foi propor uma maneira de identificar rotas com potencial de encerramento no ano seguinte, para que a informação possa ser utilizada por planejadores, agentes públicos e administradores do setor aéreo para melhorar a eficiência da rede, antecipar ações de políticas públicas e melhorar o gerenciamento da infraestrutura aeroportuária

Foi observado que todas as rotas com potencial de suspensão no Brasil, considerando cada uma das regiões do País, revelaram as seguintes variáveis em comum no modelo *logit* proposto, como sendo as mais importantes e significativas: frequência dos voos; criação de voo não regular para atendimento da demanda excedente; e se existia ou não concorrência entre as companhias Azul e Latam para uma determinada rota. Além da diminuição da concorrência entre as empresas aéreas, observou-se a influência do fator geográfico no encerramento das rotas, contrastando as Regiões Centro-Oeste e Sul, com o menor e o maior valor, respectivamente. Outra influência foi a quantidade de voos existentes anteriormente, sendo que regiões com maiores quantidades, como o Sudeste e o Nordeste, encerraram mais voos, enquanto a Região Norte, por outro lado, que já contava com o menor número de voos, sofreu menos impacto.

Resumindo, as regiões com maiores e menores probabilidades de encerramento de rotas foram as Regiões Sul e Centro-Oeste, respectivamente. As análises e informações extraídas neste artigo podem ser valiosas para operadores, administradores e companhias aéreas, pois ajudam a antecipar tendências sobre o fechamento e/ou suspensão das rotas aéreas e podem ajudar a definir estratégias a partir dos interesses de todas as partes envolvidas.

Apesar das análises que puderam ser feitas, ressalta-se que o modelo apresenta limitações, pois variáveis econômicas (ex.: tarifa, indústria terciária etc.) e operacionais (ex.: gerenciamento de *slots*, grau de conectividade etc.) não foram exploradas, assim como a variável sazonalidade, porque o estudo foi feito apenas para o mês de janeiro. Destaca-se que o mês de janeiro foi escolhido por ser tradicionalmente o mês com maior movimentação de passageiros do setor aéreo e, teoricamente, com a menor quantidade de rotas com probabilidade de ser encerradas.

Finalmente, sugerem-se estudos futuros que possam ampliar e aprofundar a abordagem deste artigo, incluindo: indicadores de lucratividade e conectividade de uma rota; influência das *low-cost-carriers* na abertura e/ou fechamento de rotas aéreas; rotas aéreas não lucrativas e que permanecem abertas por outros motivos; impactos dos acordos dos governos estaduais no desenvolvimento e ampliação das rotas aéreas estaduais etc.

REFERÊNCIAS

- ACI EUROPE – AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL EUROPE. **Airport Industry Connectivity Report 2020**. Relatório Técnico. 19 p. Amsterdam. Disponível em: [aci europe airport industry connectivity report 2020.pdf](https://www.aci-europe.org/airport-industry-connectivity-report-2020.pdf) (aci-europe.org). Acesso em: 25 jun. 2021.
- ACI EUROPE – AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL EUROPE. Disponibiliza diversas informações sobre o setor aéreo da União Europeia. Disponível em: [Airports Council International Europe | ACI EUROPE - Air connectivity](https://www.aci-europe.org/airports-council-international-europe) (aci-europe.org). Acesso em: 25 jun. 2021.
- ALLROGGEN, F., MALINA, R., LENZ, A. K. Which factors on the presence of incentives for route and traffic development? Econometric evidence from European airports. **Transportation Research Part E**, v. 60, p. 49-61, 2013.
- ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. [Desenvolvido por ANAC]. Disponibiliza informações sobre o mercado de transporte aéreo. Disponível em: [Base de Dados Estatísticos do Transporte Aéreo — Português \(Brasil\)](https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/estatisticas) (www.gov.br). Acesso em: 25 jun. 2021.
- BABIC, D.; KALIC, M. Airline route network expansion: Modelling the benefits of slot purchases. **Journal of Air Transport Management**, v. 23, p. 25-30, 2012. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2012.03.002.
- CASTELLI, L; PESENTI, R., ULKOVICH, W. An airline-based multilevel analysis of airfare elasticity for passenger demand. *In: Proceedings of the 7th ATRS Conference*. 2003.
- CHIN, A. T. H. Impact of frequent flyer programs on the demand for air travel. **Journal of Air Transportation**, v. 7, n. 2, p. 53-86, 2002.
- DEVECI, M., DEMIREL, N. C., AHMETOGLU, E. Airline new route selection based on interval type-2 fuzzy MCDM: A case study of new route between Turkey-North American region destinations. **Journal of Air Transport Management**, v. 59, p. 83-99, 2017. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2016.11.013.

- DUBE, K., NHAMO, G., CHIKODZI D. COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry. **Journal of Air Transport Management**, v. 92, p. 1-12, 2021. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2021.102022.
- FERNANDES, E.; PACHECO, R. R. **Transporte Aéreo no Brasil: uma visão de mercado**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 293 p.
- GUJARATI, D. N., PORTER, D. C. **Basic Econometrics**. 5 ed. New York: AMGH, 2011, 918 p.
- IATA – INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. Annual Review 2020. **76th Annual General Meeting**. Amsterdam. 56 p. 2020. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2020.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.
- JORGE-CALDERÓN, J. D. A demand model for scheduled airline services on international European routes. **Journal of Air Transport Management**, v. 3, n. 1, p. 23-35, 1997.
- KINEME, A.; GRANBERG, T. A.; POLISHCHUC, V.; RYDERGREN, C. Decision support for an optimal choice of subsidized routes in air transportation. **Journal of Air Transport Management**, v. 82, p. 1-13, 2020. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2019.101724.
- KLABJAN, D. **Large-scale models in the airline industry**. In: DESAULNIERS, G.; DESROSIERS, J.; SOLOMON, M. M. (eds.). Column Generation, Kluwer Academic Publishers, p. 163-195, 2003.
- LANDIS, J. R.; KOCH G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**. V. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- LIU, H. K.; ZHANG, X. L.; CAO, L.; WANG, B. H.; ZHOU, T. Analysis on the connecting mechanism of Chinese city airline network. *Sci. Sin. Phys. Mech. Astronomica*, v. 39, n. 7, p. 935-942, 2009.
- LIU, H. K., Lv L. Y., ZHOU, T. Uncovering the network evolution mechanism by link prediction. *Sci. Sin. Phys. Mech. Astronomica*, v. 41, n. 7, p. 816-823, 2011.
- LOHMANN, G.; VIANNA, C. Air Route Suspension: The role of stakeholder engagement and aviation and non-aviation factors. **Journal of Air Transport Management**, v. 53, p. 199-210, 2016. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2016.03.007.
- MASON, K. J. Observations of fundamental changes in the demand for aviation services. **Journal of Air Transport Management**, v. 11, n. 1, p. 19-25, 2005.
- OLISCHER, F. T.; DÖRRENBÄCHER, C. **Concession bargaining in the airline industry: Ryanair's policy of route relocation and withdrawal**, Working Paper, n. 73, 2013. Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, IMB Institute of Management Berlin, Berlin.
- ORTÚZAR, J. D.; SIMONETTI, C. Modelling the demand for medium distance air travel with the mixed data estimation method. **Journal of Air Transport Management**, v. 14, n. 6, p. 297-303, 2008.
- TRETHEWAY, M. W.; OUM, T.H. **Airline economics: foundations for strategy and policy**. Canada: Centre for Transportation Studies, University of British Columbia. 1992. 143 p. ISBN: 0888655169.
- WANG, M.; SONG, H. Air Travel Demand Studies: A Review. **Journal of China Tourism Research**, v. 6, n. 1, p. 29-49, 2010. DOI: 10.1080/19388160903586562.

WASHINGTON, S. P.; KARLAFTIS, M. G.; MANNERING, F. L. **Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis**. 2 ed. New York: CRC Press, 2011, 530 p.

ZHANG, Y.; PENG, T.; FU, C.; CHENG, S. Simulation analysis of factors affecting air route connection in China. **Journal of Air Transport Management**, v. 50, p. 12-20, 2016. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2015.09.002