A INFLUÊNCIA DO E-COMMERCE NA MOVIMENTAÇÃO DE CARGA AÉREA NO BRASIL

João Vitor de Alencar Amorim, Hélio da Silva Queiroz Júnior,
Viviane Adriano Falcão, Daniel Lopes Nader de Azevedo*
Federal University of Pernambuco (UFPE), PPGEC-UFPE / Coventry University

*** Corresponding author e-mail address:** daniel.nader@ufpe.br

PAPER ID: SIT2245

ABSTRACT

E-commerce boosted demand for air freight, leading one of the largest e-commerce companies in Brazil to partner with national airlines to operate exclusive cargo planes. This paper analyzes the growth of e-commerce and its impact on the air cargo market, aiming at more efficient planning and to identify air cargo and e-commerce correlation. Using Linear Regression and data from the National Civil Aviation Agency and Neotrust, it was identified that mailbags, exchange rates, current monthly GDP, and Covid-19 cases are important factors to predict air cargo. Demand for air cargo is being driven by the growth of e-commerce, which requires airlines and airports to adapt. Considering the atypical behavior of the market due to the Covid-19 pandemic from 2020 to 2022, it is necessary to further investigate these factors, as well as the products registered as postal mail and specific regions.

Keywords: Air cargo, E-commerce, Linear regression, Linear model.

1. INTRODUÇÃO

A globalização, entendida como a diminuição de barreiras econômicas e imigratórias entre os países, e caracterizada pelo aprofundamento das relações econômicas, sociais, culturais e políticas entre os povos do mundo, provoca diversas mudanças nos três setores da sociedade: governo, mercado e associações sem fins lucrativos.

As indústrias, por exemplo, migraram para regiões com baixo custo de mão de obra; seus produtos têm vida útil menor; e o valor das cargas aumentou, fomentando o crescimento do transporte de cargas.

No Brasil, o transporte rodoviário ainda é dominante no setor logístico, principalmente "em virtude de processos históricos e de vantagens diante de outros modais, como flexibilidade e facilidade de acesso aos pontos de embarque e desembarque, oferecendo um serviço porta a porta aos usuários" (CNT, 2021). No entanto, considerando as dimensões do país, com áreas isoladas dos centros urbanos, esse modo de transporte sofre inúmeros prejuízos devido, principalmente, à infraestrutura rodoviária brasileira que é escassa e de má qualidade, bem como à insegurança.

Nessa conjuntura, o transporte aéreo de cargas tem crescido, com um aumento de 7,2 % em relação ao ano passado (ANAC, 2022a), principalmente pela possibilidade de conectar de forma rápida e segura, regiões distantes e de difícil acesso, além de viabilizar o deslocamento de produtos sensíveis com baixo risco de perda ou danificação.

Paralelamente, com as medidas de restrição impostas pela Pandemia da Covid-19, as vendas virtuais deram um salto de quase 50% no faturamento, segundo a Neotrust, em decorrência do fechamento do comércio físico, da intensificação da vida doméstica e do uso da tecnologia para remediar o isolamento social.

A demanda por carga aérea só tende a crescer, considerando a produção industrial cada vez maior devido a globalização e a ampliação do comércio eletrônico, em decorrência do acesso à tecnologia e as facilidades dessa modalidade. Segundo a ANAC (2022b), o transporte aéreo de carga (montante de carga paga transportada por quilômetro, em quilos) movimentou 107,1 mil t, sendo destes 71,5% no âmbito internacional. Em consonância, no mercado doméstico, a movimentação sofreu um acréscimo de 15,5% em relação a 2021 e aumento de 104,8% referente a 2020. Portanto, vê-se a importância de investigar se os atores do processo estão preparados para suprir potenciais demandas e os fatores relacionados a isso.

Segundo Chen e Chou (2006) a busca por transporte aéreo de carga aumentou significativamente nos últimos anos, porque os ciclos de vida dos produtos diminuíram e a demanda por entrega rápida aumentou. Ademais, os estudos realizados até o momento focam principalmente no transporte de passageiros devido a restrições na disponibilidade de dados (GONG et al, 2017), e este busca preencher essa lacuna.

Baseando-se em Thomas Van Asch, Wouter Dewulf, Franziska Kupfer, Ivan Cardenas, Eddy Van de Voordeem (2020) que afirmam que o comércio eletrônico se tornou um verdadeiro divisor de águas no setor de carga aérea e deve ser o principal motor de crescimento nos próximos anos e no crescimento do e-commerce brasileiro. Com faturamento de mais de R$ 13,8 bilhões no e-commerce, janeiro de 2022 trouxe crescimento de 21% em relação ao mesmo mês de 2021 (R$ 11,5 milhões) para o setor no Brasil. O volume de compras on-line chegou a 31,1 milhões, 22% a mais que os 25,5 milhões de pedidos do ano anterior.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Transporte de Carga Aérea

O transporte aéreo, envolvendo o deslocamento de pessoas e mercadorias por aeronaves, é uma parte essencial da aviação. A história desse transporte, conforme Smith Jr (2002), começou no século XX, inicialmente com o envio de mala postal nos Estados Unidos e Grã-Bretanha, evoluindo gradualmente para voos internacionais após a Primeira Guerra Mundial. O desenvolvimento tecnológico após a Segunda Guerra Mundial e a globalização consolidaram o transporte aéreo de passageiros e cargas.

No Brasil, de acordo com Ferreira (2017), a aviação comercial teve início em 1927, com a criação das primeiras empresas aéreas, a Varig e o Sindicato Condor, ambas com assistência da empresa alemã Condor Syndikat. Atualmente, as principais companhias aéreas do Brasil, Latam, Azul e Gol, representam a grande maioria do transporte de passageiros, conforme a ANAC (2022a), com 99,6% do total de 6,8 bilhões de RPK.

Em relação ao transporte de cargas por via aérea, sua origem remonta à década de 1950, inicialmente como um subproduto do transporte de passageiros. Somente na década de 1970, tornou-se um negócio independente e lucrativo, diferenciando-se dos outros modos de transporte, como rodoviário, ferroviário e marítimo, que historicamente tiveram uma maior participação no transporte de cargas (CHEN; CHOU, 2006).

A demanda pelo transporte de carga aérea tem crescido consideravelmente, atingindo um marco significativo em agosto de 2021, com mais de 600 mil toneladas transportadas, de acordo com a ANAC.

O crescimento do transporte de carga aérea é impulsionado por uma série de fatores cruciais, como apontados pelo Transportation Research Board (TRB, 2015, conforme citado em LabTrans/UFSC, 2020). Esses fatores desempenham um papel fundamental na expansão contínua desse setor vital para a economia global.

Primeiramente, o crescimento econômico mundial é um motor essencial para o transporte aéreo de carga. A demanda por esse modo de transporte surge da necessidade de suportar o crescimento de diversos setores econômicos, garantindo a fluidez das trocas comerciais entre esses setores e os consumidores finais.

A globalização é outro fator preponderante. À medida que a economia global se torna mais integrada e menos protecionista, os fluxos de comércio internacional aumentam, impulsionando, por sua vez, o transporte aéreo de carga. A conectividade global exige uma logística eficiente, e o transporte aéreo desempenha um papel crucial nesse processo.

As estratégias empresariais também têm um impacto significativo. Empresas em todo o mundo estão adotando estratégias de estoque enxuto, como o just-in-time e make-to-order, como uma forma de obter vantagem competitiva. Para atender a essas estratégias, as empresas dependem do transporte aéreo para garantir entregas rápidas e pontuais aos clientes.

Por último, o comércio digital, ou e-commerce, tem desempenhado um papel cada vez mais relevante. O aumento das vendas online está transformando a dinâmica do comércio, tornando as entregas rápidas e eficientes uma prioridade. O transporte aéreo é a escolha preferida para atender a essa demanda crescente por entregas ágeis, impulsionando ainda mais o setor.

A pandemia da Covid-19 impulsionou consideravelmente as compras online, incluindo as internacionais, criando uma demanda global por entregas rápidas e eficientes. Nesse contexto, o transporte de carga aérea emerge como um campo da cadeia de suprimentos com amplo potencial de crescimento no mercado internacional. Esse crescimento é motivado pela necessidade de atender a uma demanda global em constante expansão, impulsionada por clientes que buscam não apenas qualidade, mas também flexibilidade de serviços, rastreamento em tempo real, garantia de integridade do produto e informações confiáveis (ADDE, 2022).

O transporte de cargas abrange dois setores distintos: remessas de pequenos volumes e o transporte de grandes volumes com finalidades comerciais. Segundo Figueiredo (2015), remessa refere-se ao transporte de pequenas encomendas, documentos e amostras. As remessas expressas são transportadas por empresas de frete courier, enquanto as remessas postais são conduzidas pelos Correios. Esse tipo de transporte oferece agilidade na entrega e redução da burocracia, mas possui limitações legais quanto ao tipo, peso, dimensões e valor do produto, além de não ser caracterizado como operação comercial.

Por outro lado, o transporte de grandes volumes com finalidades comerciais pode ser realizado em diferentes tipos de aeronaves. Aeronaves cargueiras são dedicadas

exclusivamente ao transporte de carga, com capacidade para carga unitizada no deque superior e no porão. Elas oferecem vantagens como baixo custo operacional, maior alcance em voos e menor consumo de combustível, tornando-se essenciais devido ao crescimento do e-commerce, que demanda entregas rápidas de mercadorias menores.

Além das aeronaves cargueiras, as companhias aéreas de passageiros também podem fornecer serviços de transporte de carga, aproveitando a capacidade ociosa no porão das aeronaves após o carregamento dos itens relacionados aos passageiros. Essa abordagem oferece flexibilidade de destinos, considerando voos frequentes de passageiros para várias localidades.

Aeronaves combinadas representam uma opção menos comum no Brasil, mas são aquelas que podem transportar passageiros e/ou carga, permitindo a rápida conversão entre as duas funções. Elas geralmente possuem portas de carga de grandes dimensões e recursos para adicionar ou remover assentos rapidamente (TRB, 2015).

O aumento anual de 1,33% na carga postal indica uma possível expansão da utilização do transporte aéreo para o transporte de produtos de comércio eletrônico, como observado pelo LabTrans/UFSC (2021), uma vez que esses tipos de carga são frequentes nas operações relacionadas ao e-commerce. Isso destaca o papel crescente do transporte aéreo na cadeia de suprimentos global, especialmente no contexto de compras online em crescimento constante.

2.2. E-commerce

O comércio eletrônico, abreviado como e-commerce, é uma forma de comércio online em que todas as transações de compra e venda de produtos e serviços ocorrem pela internet, através de canais digitais e dispositivos conectados, muitas vezes dispensando a necessidade de espaço físico. Durante a pandemia, o e-commerce cresceu significativamente como uma estratégia para pequenas e médias empresas enfrentarem a crise, mantendo suas vendas.

De acordo com uma pesquisa da BigDataCorp e PayPal, o e-commerce no Brasil teve um aumento notável em 2021, com quase 1,59 milhão de lojas online, representando um aumento de 22,05% em relação a 2020, quando já havia crescido 40%. Isso indica a criação média de 789 novas lojas online por dia no Brasil no último ano. O crescimento anual do e-commerce no país desde 2015 é de cerca de 23,69%.

Esse crescimento é resultado direto dos impactos da pandemia na economia e da necessidade de digitalização das empresas. Em 2020, os e-commerces com faturamento de até R$ 250 mil por ano representavam 48,06% do total, mas atualmente esse número subiu para 52,73%.

2.3. Inferência Estatística

Conforme afirmado por Barros Neto, Scarminio e Bruns (2010), um conceito crucial a ser compreendido ao modelar informações provenientes de observações é a distinção entre modelos empíricos e mecanicistas.

Nos modelos mecanicistas, parte-se do pressuposto de que todos os fatores envolvidos no evento são conhecidos, e espera-se um resultado exato. Esses modelos normalmente se relacionam a fenômenos físicos, como a mecânica Newtoniana, que explica os fenômenos astronômicos não relativísticos como resultado de interações gravitacionais.

Já os modelos empíricos levam em consideração a incerteza das observações e os fatores que foram ignorados. Ao representar graficamente as observações empíricas, torna-se evidente que não é razoável modelar uma equação que se ajuste perfeitamente a todos os pontos, mas, em vez disso, esses modelos indicam uma tendência, uma curva simples na qual os pontos parecem se aproximar.

Como afirmado por Dantas (2012, p.71), "o objetivo da inferência estatística é tirar conclusões sobre parâmetros populacionais com base em estatísticas amostrais, por meio de estimação ou teste de hipóteses". A estimação pode ser pontual ou intervalar, enquanto os testes de hipóteses envolvem pressupostos e a obtenção de evidências a favor ou contra a hipótese.

As estimativas pontuais produzem um único valor como resultado, como quando estimamos a média populacional usando a

média aritmética da amostra. Em contraste, a estimação intervalar envolve a definição de um intervalo de confiança no qual a média tem uma probabilidade específica de estar contida.

De acordo com Dantas (2012), a estimação por intervalo está relacionada a uma distribuição de probabilidade. Além disso, os dados tendem a se concentrar em valores centrais, como a média, moda e mediana, que são conhecidos como estimadores de tendência central. Similarmente, estimadores de dispersão medem o quão distantes os dados estão do valor central. Exemplos dessas medidas incluem a variância, desvio padrão e o coeficiente de variação (CV). O CV é definido como a razão entre o desvio padrão e a média, sendo considerado baixo quando o CV é menor que 0,10, alto quando está acima de 0,30, e intermediário para os valores entre esses extremos, de acordo com Martins.

Dantas enfatiza que a distribuição de probabilidade é essencial ao estimar os parâmetros dos dados populacionais. Essas distribuições podem ser tanto discretas quanto contínuas, com exemplos de distribuições discretas incluindo a de Poisson, a Binomial e a Hipergeométrica, enquanto as distribuições contínuas incluem a Gaussiana, a distribuição t de Student e a distribuição de Snedecor.

A distribuição normal é uma das mais importantes, com a função densidade de probabilidade dependendo apenas de dois parâmetros: a média da população e o desvio padrão. Por outro lado, a distribuição t de Student é utilizada quando é necessário inferir sobre as médias populacionais sem conhecer os desvios padrão.

Quando se deseja testar a significância global dos modelos de regressão, a distribuição de Snedecor é extremamente útil. Ela permite verificar se a razão entre duas variâncias é estatisticamente diferente, de acordo com o nível de significância especificado.

A hipótese pode ser entendida como uma afirmação condicional sobre a população. Normalmente, uma hipótese nula, representada por $H0$, e outra alternativa, representada por $H1$, sendo uma o oposto da outra. O teste consiste em aceitar ou rejeitar uma hipótese estatística com base em elementos amostrais.

Martins (2008) aponta que ao realizar os testes, dois tipos de erro podem acontecer, quando se rejeita o que seria verdade e quando se aceita o que seria falso, o primeiro é nomeado de erro tipo I, enquanto o segundo, um erro tipo II. Sendo α a probabilidade de ocorrência do erro tipo I e β a probabilidade de ocorrência do erro tipo II.

Segundo Dantas (2012), o teste pode ser unicaudal ou bicaudal e para sua formulação é preciso de uma distribuição de probabilidade e um nível de significância estabelecido. Um exemplo de teste é o de t de Student, que acontece em cinco etapas:

1. Definir $H0$: $\beta 1 = 0$ e $H1$: $\beta 1 \neq 0$ ou $H1$: $\beta 1 > 0$ ou $H1$: $\beta 1 < 0$;
2. Fixar a probabilidade de erro α e escolher a distribuição t com grau de liberdade igual à n – 2, sendo n o tamanho da amostra;
3. Construir as regiões de aceitação (RA) e rejeição (RR) de acordo com a hipótese alternativa utilizada;
4. Calcular o valor da variável $tcal$ com base nos dados amostrais;

$$t_{cal} = \frac{\hat{\beta}_1}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 / S_{xx}}}$$

5. Se $tcal$ estiver dentro da área de rejeição, então $H0$ será uma hipótese falsa e $H1$ será aceita como verdadeira.

Definido o modelo, pode-se verificar a qualidade deste a partir de outras análises, como a de correlação e determinação. Segundo Rodrigues (2012), a análise de correlação tem como objetivo a avaliação do grau de associação entre duas variáveis, ou seja, mede a "força" de relacionamento linear entre as variáveis.

Já Sartoris (2003, p. 47) afirma que "o coeficiente de correlação é obtido retirando-se o efeito dos valores de cada uma das variáveis sobre a variância", como pode ser visto na equação:

$$r = \frac{\sum(X_i - \hat{X})(Y_i - \hat{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \hat{X})^2 \sum(Y_i - \hat{Y})^2}}$$

Este coeficiente pode ser entendido como a medida da qualidade geral do ajustamento do modelo de regressão, pois

indica que proporção da variação do regressando, é explicada pela variável explanatória. O seu valor pode variar entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor o ajustamento.

A palavra "regressão" foi utilizada pela primeira vez por Francis (1886) ao indicar que a média das alturas de pessoas filhas de pais altos era menor do que a média da altura de seus pais, e a média das alturas de pessoas com pais baixos era maior que a média da altura de seus pais, isto é, nos dois casos as médias partiam de extremos (pais altos e pais baixos) e regrediam a uma média populacional.

Porém, atualmente, regressão pode ser melhor descrita como o estudo da dependência de uma variável (variável dependente) em relação a outra ou a outras variáveis (variáveis explanatórias) visando estimar o valor médio da população (Gurajati, 2011).

Denomina-se então regressão linear quando essa relação tenta ser descrita por uma equação na qual os parâmetros não possuem expoentes diferentes de 1 e não aparecem multiplicados ou divididos por outros parâmetros, por exemplo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_n X_n + u$$

Onde Y é a variável dependente, $X1$, $X2$, ..., Xn são as variáveis explanatórias, $\beta 0$, $\beta 1$, $\beta 2$, …, βn são os coeficientes e u é o distúrbio.

Quando o modelo contém apenas uma variável explicativa, o processo é chamado de regressão linear simples, entretanto, o que ocorre na maioria dos casos é a regressão linear múltipla, quando possuímos mais de uma variável independente relacionada com a variável explicada.

Como esse processo é estocástico, sempre haverá esse erro (u) presente na estimativa. A regressão, portanto, consiste em encontrar os coeficientes que tornem esse erro o mais próximo possível de zero. Para isso, utiliza-se o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Este, que além de MMQ, pode ser chamado de MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) ou ainda OLS (do inglês Ordinary Least Squares), é a técnica de estimação mais amplamente utilizada na econometria. Partindo do pressuposto que um conjunto de dados pode ser explicado por uma função afim, busca-se encontrar essa função que melhor se ajuste ao conjunto.

Esse processo consiste em descobrir os coeficientes da equação de tal forma que minimize a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e o valor real observado, isto é, o distúrbio. Dessa forma, o grau do ajuste do modelo aos dados observados é maximizado.

Considerando a equação com apenas um regressor e a variável dependente, tal como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + u$$

Este processo pode ser realizado para qualquer quantidade de regressores, pois sempre se findará em um sistema de equações com k incógnitas e k equações, sendo $k - 1$ o número de variáveis independentes. Como a quantidade de coeficientes a serem descobertos é igual à quantidade de equações, o sistema possuirá uma solução única para o modelo, isto é, a função única que melhor se ajusta aos dados observados.

Porém, como o objetivo de encontrar esse modelo é fazer inferências a partir dele, entendendo e predizendo os valores relacionados ao mesmo, alguns requisitos precisam ser seguidos. Ao todo o modelo clássico de regressão linear está sustentado em sete hipóteses (Gujarati, 2011), são elas:

1. Embora não precise ser linear nas variáveis, a linearidade nos parâmetros é fundamental para o MMQ ser utilizado.
2. O termo erro e os regressores são independentes, isto é, o desvio não pode ser expresso em função das variáveis independentes e nem vice e versa.
3. $E(ui \mid Xi) = 0$ que pode ser definido como o valor médio ou esperado do termo de erro aleatório é zero dado o valor Xi
4. A variância ou dispersão do desvio é a mesma independentemente do valor das variáveis regressoras. Esta pode ser chamada da hipótese de homocedasticidade
5. Não há autocorrelação entre os termos de erro, isto é, o desvio entre um dado

observado e o valor estimado não está relacionado com outro desvio de outros dados.

6. O número de parâmetros a serem estimados deve ser menor que o número de observações.
7. Não deve haver valores discrepantes em relação aos demais na amostra e nem os valores observados precisam ter certa variabilidade entre os regressores, pois com valores iguais o modelo se tornaria limitado aos mesmos.

Nem sempre é possível observar uma variável de interesse e, portanto, se utiliza variáveis proxy, isto é, variáveis que representam outras. Já que a quantidade de produtos provenientes do e-commerce, transportados por vias aéreas, não é um dado disponível ou diretamente observável, faz-se necessário a utilização de alguma variável intrinsecamente relacionada com a mesma.

Como afirma LabTrans/UFSC (2021), os itens cadastrados como carga postal são em sua maioria produtos relacionados ao comércio eletrônico, e, portanto, supõe-se que este volume de mala postal seja um bom representante para a variável em questão.

Variáveis dummy são regressores binários, isto é, assumem o valor de 0 ou 1. Normalmente é um artifício inserido pelo pesquisador para representar variáveis qualitativas ou classificativas, já que não necessariamente são coletados dessa forma.

Neste trabalho será usada para indicar que o mês da observação se refere ao mês de novembro, nesse caso a variável terá o valor 1 e nos demais meses, o valor 0.

3. METODOLOGIA

A pesquisa é classificada com base em seus objetivos, natureza, abordagem ao problema e procedimentos técnicos. Segundo Gil (2002), a pesquisa descritiva busca estabelecer relações entre variáveis, tornando esta pesquisa descritiva em termos de objetivos, pois procura relacionar a demanda de carga aérea com o volume de vendas pelo e-commerce brasileiro.

Quanto à sua natureza, este trabalho é considerado pesquisa aplicada, pois se concentra na aplicação e desenvolvimento de modelagem matemática com dados reais da ANAC e Neotrust, utilizando estatísticas e, mais especificamente, regressão linear.

A escolha da base de dados limitou-se aos anos de 2018 a 2021 devido à confiabilidade dos dados mais recentes e à complexidade de incluir fatores adicionais em um modelo mais abrangente. Isso resultou em uma amostra populacional suficientemente grande para análises estatísticas. A abordagem ao problema é quantitativa, pois as etapas da pesquisa se baseiam em técnicas estatísticas, incluindo a regressão linear e testes de linearidade.

Os dados utilizados para esta pesquisa provêm das companhias aéreas registradas pela ANAC e foram disponibilizados através do portal Hórus. A base de dados foi tratada para eliminar registros com aeródromos de origem e destino idênticos, bem como voos classificados como "não se aplica" e "improdutivo". As informações na base de dados incluem campos como "ICAO", "Aeródromo", "Município/UF", "Ano", "Mês", "Tipo de voo", "Passageiro (un)", "Aeronave (un)", "Carga Aérea (kg)", "Mala Postal (kg)", "Grupo de Voo" e "Sentido".

"ICAO" refere-se ao código internacional de aeródromos. "Tipo de voo" pode ser doméstico ou internacional, dependendo da presença de aeródromos brasileiros como origem e destino. "Passageiro (un)" representa o número total de passageiros a bordo, enquanto "Aeronave (un)" refere-se ao número total de movimentações no aeroporto. "Carga Aérea (kg)" é a quantidade total de carga transportada em quilogramas, excluindo correio e bagagem, enquanto "Mala Postal (kg)" refere-se à quantidade de objetos transportados pela rede postal em cada trecho de voo. "Grupo de Voo" pode ser regular ou não regular, e "Sentido" refere-se ao embarque ou desembarque.

Após a coleta e tratamento dos dados, a próxima etapa envolve uma análise exploratória, que busca estabelecer relações entre variáveis, examinar a evolução ao longo do tempo e estudar as características dos dados antes de aplicar métodos estatísticos.

4. RESULTADOS

De início, ao observar o volume mensal de passageiros transportados entre janeiro de 2018 e junho de 2022, percebe-se duas características importantes: os picos nos meses de janeiro, julho e dezembro, e a considerável queda na movimentação de passageiros a partir de fevereiro de 2020.

É possível observar duas características principais: os picos nos meses de janeiro, julho e dezembro, que coincidem com as férias escolares, e a queda acentuada a partir de fevereiro de 2020, devido à pandemia de Covid-19 que restringiu as viagens internacionais e domésticas e estava se espalhando globalmente naquela época. Em novembro de 2019, ocorreu a primeira infecção pelo SRA-CoV-2, também conhecido como Covid-19, em um ser humano, na cidade de Wuhan, província de Hubei, China. A doença é uma infecção respiratória aguda causada pelo betacoronavírus, que é altamente transmissível e se espalhou globalmente, infectando quase 600 milhões de pessoas em todo o mundo e causando cerca de 6,5 milhões de mortes.

Em 26 de fevereiro de 2020, o primeiro caso da doença foi confirmado no Brasil, na cidade de São Paulo, em um homem de 61 anos, de acordo com o Ministério da Saúde brasileiro. Isso coincidiu com a disseminação do vírus em todo o mundo, e em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a pandemia global. Como resposta, muitos países ao redor do mundo fecharam suas fronteiras, o que teve um impacto direto na paralisação das operações de transporte aéreo.

Os efeitos dessa situação foram evidentes em várias áreas do mercado de transporte aéreo. A demanda doméstica, medida em passageiros quilômetros pagos (RPK) para voos nacionais, diminuiu significativamente, com uma redução de 93,1% em abril de 2020 em comparação com abril de 2019. Essa queda na demanda era esperada devido à implementação da Malha Aérea Essencial, que reduziu a oferta de voos no país em 91,6%. Em março, quando as primeiras medidas de isolamento e fechamento de fronteiras foram anunciadas, a demanda doméstica por voos já havia registrado uma redução de 32,9% (ANAC, 2020b).

Ao analisar essas informações separadamente por regiões do Brasil, fica evidente que a região Sudeste lidera em termos de movimentação de passageiros, respondendo por cerca de 50% do total. Em segundo lugar está a região Nordeste, seguida pela região Norte. É interessante observar que há picos de movimentação nos meses de janeiro, julho e dezembro em todas as regiões, mas esses picos são mais pronunciados na região Sudeste e Nordeste. Isso pode indicar um aumento nas viagens internacionais e para as praias do Nordeste durante os períodos de férias.

Em relação à carga aérea esse mesmo comportamento é observado, porém o impacto da pandemia foi menor, tanto na redução da demanda quanto na recuperação da mesma a valores normais. Além do fato do volume de carga aérea já ter se recuperado após a pandemia, percebe-se que o volume de carga internacional ultrapassou o de carga doméstica após o período pandêmico.

Em algumas regiões, como Manaus e Campinas, o volume de carga aérea, tanto doméstica, quanto internacional, aumentou significativamente após a pandemia. Já em Recife, esse aumento foi observado apenas para cargas domésticas e em Guarulhos, o inverso, apenas cargas internacionais cresceram após a pandemia.

Assim como a carga aérea, a mala postal se recuperou bem da pandemia, e a queda na movimentação não foi tão acentuada como no caso do volume de passageiros. No cenário nacional é perceptível que a demanda vem diminuindo com o passar do tempo, porém, em algumas capitais do Nordeste e do Norte, o volume de mala postal transportado em 2021 foi maior que em 2019. No caso de Recife, por exemplo, esse aumento é observado tanto em voos domésticos como internacionais. Já em Manaus, o volume em plena pandemia foi acima que no ano anterior, 2019.

No caso do e-commerce, a base de dados analisada foi a da Neotrust, empresa voltada para coleta de dados do e-commerce brasileiro e estudo de soluções para parceiros do comércio eletrônico, dos anos de 2018 a 2021. A partir dessas informações, foi plotado o

gráfico abaixo, do índice de faturamento e de vendas do comércio eletrônico do Brasil.

Fica evidente que tais índices vêm crescendo no período observado, de janeiro 2018 a dezembro de 2021, que os meses de novembro são os mais importantes para o setor e como a pandemia teve influência na demanda por produtos ofertados de forma online.

Essas observações são fortalecidas através dos resultados encontrados pela regressão linear dessas variáveis. O índice de faturamento do e-commerce no período é utilizado como variável dependente, a taxa de câmbio, o PIB corrente, os números de casos de covid-19 são utilizados como variáveis explicativas, além de variável dicotômica para considerar o comportamento atípico no mês de novembro. O modelo pode ser observado abaixo pela Equação (1) e em seguida o quadro com o detalhamento das estatísticas do mesmo.

$$\hat{Y} = -243 - 0{,}0003 \times CÂMBIO + 0{,}0074 \times COVID + 0{,}0006 \times PIB + 132 \times NOV \quad (1)$$

Tabela 1 - Coeficientes do modelo sobre o índice de faturamento do e-commerce. Fonte: Adaptado de ANAC (2022).

Estatística de Regressão		*ANOVA*	
R^2	83%	***F***	***Significância***
R^2 ajustado	81%	50,7	9,88E-16
Coeficientes		***Stat t***	***valor-P***
INTERSECÇÃO	-242,65	-3,12	3,25E-03
CÂMBIO	-0,0003	-5,21	5,07E-06
CASOS DE COVID	0,0074	5,21	5,14E-06
PIB CORRENTE	0,0006	4,82	1,82E-05
NOVEMBRO	132,35	6,21	1,78E-07

Como indicado pelo R^2 ajustado, conseguimos explicar 81% da variabilidade do índice de faturamento no período. Através do valor-P, podemos verificar que todas as variáveis independentes são significantes para o modelo ao nível de 99%, isto é, com 99% de certeza podemos afirmar que a taxa de câmbio é importante para predizer o índice de faturamento do e-commerce brasileiro, da mesma forma para o número de Casos de Covid, para o PIB corrente, e para a variável dicotômica representante de novembro.

Além disso, esse modelo como um todo possui uma significância de 99%, o que pode ser interpretado como que é melhor predizer o índice de faturamento por esse modelo do que simplesmente estimá-lo pela sua média.

Considerando este estudo e mantendo todas as demais variáveis constantes, à medida que a razão entre o dólar e o real aumenta em 1, o índice de faturamento cai 0,0003 pontos. Da mesma forma, mantendo as demais variáveis constantes, a cada 1.000 novos casos de covid-19, o índice aumenta 7,4 pontos, e a cada R$ 1.000.000,00 de aumento do PIB, o índice aumenta 0,0006 pontos, além de que nos meses de novembro o índice faturamento é em média 132,35 pontos acima que nos demais meses.

Ao analisar, o mesmo gráfico do índice de faturamento com o índice de vendas no decorrer do tempo, porém com os dados agrupados por ano, percebemos que a partir de 2020 a razão entre o faturamento e as vendas vem caindo, isto é, o ticket médio dos produtos comercializados em 2020 e 2021 é menor do que em épocas antes da pandemia.

Nota-se, portanto, que a comercialização através do e-commerce vem crescendo e que a pandemia teve forte influência positiva para as vendas. Ademais, a mala postal também apresenta aumento da movimentação nos principais destinos em que os produtos do e-commerce são transportados por vias aéreas.

Com isso, e com o indicativo pela revisão bibliográfica de que os principais produtos cadastrados como mala postal são de origem do e-commerce, foi utilizado a mala postal como proxy para o volume de produtos do e-commerce transportados pelo modal aéreo.

O modelo pode ser observado abaixo, no qual confirma que a mala postal tem importância para predizer a carga aérea brasileira.

O modelo pode ser observado abaixo Equação (2) e em seguida o quadro com o detalhamento das estatísticas do mesmo.

$$\hat{Y} = -54.766.253 + 5 \times MP - 1899 \times COVID + 194 \times PIB \quad (2)$$

Tabela 2 - Coeficientes do modelo sobre o volume de carga aérea. Fonte: Adaptado de ANAC (2022).

Estatística de Regressão		*ANOVA*	
R^2	66%	***F***	***Significância***
R^2 ajustado	64%	28,95	1,71E-10
Coeficientes		***Stat t***	***valor-P***
INTERSECÇÃO	5,5E+07	-2,35	2,34E-02
MALA POSTAL	5,02	6,30	1,24E-07
NÚMERO DE CASOS COVID	1899,19	-4,46	5,63E-05
PIB CORRENTE	193,66	5,53	1,63E-06

Como pode-se observar pelo valor-P, todas as variáveis independentes são significantes para o modelo ao nível de 99%, exceto a intersecção que é significante ao nível de 95%, isto é, com 99% de certeza podemos afirmar que a Mala Postal é importante para predizer a demanda de Carga Aérea, da mesma forma para o Número de Casos de Covid e para o PIB corrente.

Ademais, esse modelo como um todo possui uma significância de 99%, o que pode ser interpretado como que é melhor predizer a carga aérea por esse modelo do que simplesmente estimá-la pela sua média. Entretanto, a variabilidade do volume de carga aérea, na amostra utilizada, é explicada apenas em 64%, isto é, precisa-se de mais variáveis independentes para justificar a demanda por carga aérea com mais assertividade, e ao incluir mais parâmetros no modelo, o valor dos coeficientes atuais pode sofrer certa oscilação.

Considerando o modelo deste estudo e mantendo todas as demais variáveis constantes, à medida que o volume de Mala Postal cresce em 1 kg, o volume de Carga Aérea aumenta 5 kg. Da mesma forma, mantendo as demais variáveis constantes, a cada novo caso de covid, o volume de carga aérea transportada cai cerca de 1900 kg, e a cada R$ 1.000.000,00 de aumento do PIB, o volume de carga aérea aumenta em quase 200 kg.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário nacional, a carga aérea não apresenta crescimento, porém em regiões específicas, como Manaus, Salvador e Recife, predominantemente Norte e Nordeste, apresenta tal crescimento, o que pode estar associado ao transporte de e-commerce para essas regiões que tem sido o foco das plataformas de comércio eletrônico, já que reduzindo o tempo de entrega, aumenta o volume de vendas.

Conclui-se que o e-commerce está procurando outras alternativas para o envio de mercadorias além da realizada pela Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, CORREIOS. Para grandes volumes de entregas diárias, contratos com outras transportadoras podem ser mais vantajosos, além de que marketplaces, como o Mercado Livre, possuem companhias aéreas próprias.

Além de que entre os "Produtos industrializados" e "Máquinas e eletrônicos", é possível identificar um volume expressivo de cargas provenientes de e-commerce, como calçados, roupas, acessórios, utensílios domésticos, equipamentos de informática e eletrodomésticos.

Como boa parte desses produtos provenientes do e-commerce estão sendo registrados diretamente como carga aérea é provável que a influência do comércio eletrônico na carga aérea tenha sido subestimada no último modelo apresentado.

Além disso, ao se analisar o comportamento das empresas de e-commerce, percebe-se um investimento no transporte aéreo para entrega de produtos em longas distâncias, com o objetivo de reduzir esse tempo de entrega para dois dias na maior parte do país.

Possíveis trabalhos futuros podem ser desenvolvidos a partir dessa temática, considerando que ainda é pequeno o número de trabalhos brasileiros sobre o tema e há várias possibilidades de aprofundamento. Uma dessas opções é fazer uma análise regional ou até mesmo por aeroporto, assim como investigar melhor os tipos de cargas para diferentes rotas.

Foi observado também que grandes plataformas de e-commerce, como o Mercado Livre, possuem parcerias com certas companhias para transporte dos seus produtos. Analisar essas companhias em específico pode trazer maiores informações sobre a influência do comércio eletrônico na carga aérea.

REFERÊNCIAS

ADDE, T. O que é frete aéreo e como ele funciona?. 2022.Artigo disponível em: <www.nuvemshop.com.br/blog/frete-aereo>. Acesso em: 01 agost 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), Brasília-DF. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/todos-osdados-abertos>. Acesso em: 25 de jul 2022

ALECRIM, E. Mercado Livre usará aviões da Gol para acelerar entregas em todo Brasil. Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/2022/04/19/mercado-livre-usara-avioes-da-gol-para-acelerarentregas-em-todo-o-brasil> Acesso em: 21 agost 2022

BARROS NETO, Benício de; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Desempenho. [Brasília, DF], 2022a. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#Movimentacao/Desempenho> . Acesso em: 6 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Desempenho. Brasília-DF, 2022b. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/api//Files/CargaAerea/>. Acesso em: 6 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (Minfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Sistema Hórus. Versão 9.5.13.307. Brasília, DF, 2020c. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#Principal>. Acesso em: 19 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho (PDET). Novo CAGED – Maio 2022. [Brasília, DF], 2022c.Disponível em: http://pdet.mte.gov.br/novo-caged. Acesso em: 6 jul. 2022.

BIGDATACORP. Perfil do E-Commerce Brasileiro, 7ª edição da pesquisa, disponível em <https://bigdatacorp.com.br/estudo-perfil-do-e-commerce-brasileiro-7a-edicao/>. Acesso em: 21 ago. 2022.

CHEN, C. H, CHOU S. Y. A BSC Framework for Air Cargo Terminal Design: Procedure and Case Study. Journal of Industrial Technology Volume 22, Number 1 - January 2006 through March 2006, disponível em: <https://www.iastatedigitalpress.com/jtmae/articles/>. Acesso em 30 maio 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE (CNT). Agenda institucional transporte e logística 2022. – Brasília: CNT : SEST SENAT : ITL, 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/Nadjane/Downloads/Agenda%20Institucional%20Transporte%20e%20Log%C3%ADstica%202022.pdf> Acesso em : 10 ago de 2011

Congresso Brasileiro de História Econômica,XII & Conferência Internacional de História de Empresas, 13ª, 2017, Niterói,RJ. Um breve histórico da aviação comercial brasileira Josué Catharino Ferreira, disponível em: <https://www.abphe.org.br/arquivos/josue-catharino-ferreira.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022

DANTAS, R. A. Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica. São Paulo: Pini, 2012.

FIGUEIREDO, R. M. A de. Um estudo de localização de “HUBS” no transporte aéreo de cargas brasileiro. Rafael Mesquita Antunes de Figueiredo; orientador: Nélio Domingues Pizzolato. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2005. 89 f. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

GALTON, F. “Family likeness in stature”. Proceedings of Royal Society. Francis Galton - Londres, 1886. v. 40, p. 42-72

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002

Gurajati, D. N. Econometria Básica Damodar N. Gujarati 5 edição 2011

LABTRANS/UFSC. Carga Aérea. Vol 1. Florianópolis, 2020

MARTINS, Gilberto de Andrade. Estatística geral e aplicada. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008

RODRIGUES, S. C. A. Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações, tese dedissertação. Universidade da Beira Interior - Portugal, disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1869/1/Tese%20Sandra%20Rodrigues.pdf> acesso em: 01 de maio de 2022

RONDINELLI, J.; GONÇALVES, G. e FREITAS, G. Quem vai entregar mais rápido. Revista E-commercebrasil, disponível em <https://revista.ecommercebrasil.com.br/revistaAnteriores/65>. Acesso em: 20 ago. 2022

SARTORIS, A. Estatística e introdução à econometria. São Paulo: Saraiva, 2003

SMITH JR, M. J. The Airline Encyclopedia 1909-2000. The Scarecrow Press, Inc. Lanham, Maryland, and Oxford 2002. Disponível em <https://cloudflareipfs.com/ipfs/bafykbzacebdrowp5wujcjc37xikyoxfcerdofba326u2rig6o6el7ev5bch4i?filename=Myron%20J.%20Smith%20Jr.%20-%20The%20Airline%20Encyclopedia%201909-2000%20%283%20vol.%20set%29-Scarecrow%20Press%20%282002%29.pdf> Acesso em: 01 jun. 2022