UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ISABELA GOMES DA FONSECA CAMACHO

ANÁLISE DA DEMANDA DE TRÁFEGO NO ESPAÇO AÉREO: ESTUDO DE CASO DA TERMINAL SÃO PAULO

RIO DE JANEIRO

2020

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ISABELA GOMES DA FONSECA CAMACHO

ANÁLISE DA DEMANDA DE TRÁFEGO NO ESPAÇO AÉREO: ESTUDO DE CASO DA TERMINAL SÃO PAULO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais.
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial Brasileiro, Segurança e Defesa.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Maurício de Andrade da Silva

RIO DE JANEIRO

2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

Camacho, Isabela Gomes da Fonseca

C173 Análise da demanda de tráfego no espaço aéreo: estudo de caso da terminal São Paulo / Isabela Gomes da Fonseca Camacho. – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2020.
121 f.: il., enc.

Orientadora: Luiz Maurício de Andrade da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2020.
Referências: f. 115-119

1. Transporte aéreo. 2. TMA-SP. 3. Previsão de demanda. 4. Regressão linear múltipla I. Título. II. Silva, Luiz Maurício de Andrade da. III. Universidade da Força Aérea.

CDU: 351.814(81)

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ISABELA GOMES DA FONSECA CAMACHO

ANÁLISE DA DEMANDA DE TRÁFEGO AÉREO: ESTUDO DE CASO DA TERMINAL SÃO PAULO

Dissertação aprovada pelos membros da Banca Examinadora, no dia 7 de dezembro de 2020, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea.

Rio de Janeiro, RJ, 7 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

No exp.

Prof. Dr. LUIZ MAURÍCIO DE ANDRADE DA SILVA - UNIFA
Presidente da Banca Examinadora

No exp.

Prof. Dr. CARLOS CESAR DE CASTRO DEONISIO – UNIFA

No exp.

Prof. Dr. LUIZ PAULO LOPES FAVERO – USP

Prof. Dr. EDUARDO SOL OLIVEIRA DA SILVA (CPF: 088.878.957-24) – UNIFA

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, Criador da minha vida, à minha amada família, que sempre me apoiou, e, em especial, ao meu filho Arthur e ao meu marido João Vitor, que me completam.

EPÍGRAFE

Procure sempre fazer as coisas do modo mais simples que você puder. (Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Ensino da UNIFA, por ter incentivado e viabilizado este trabalho. Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Maurício de Andrade da Silva, pela orientação e experiência, fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho, pela paciência e competência nas revisões, com sugestões sempre adequadas, bem como pelo apoio nos momentos difíceis e pela ajuda na busca da direção a seguir, além da amizade e da confiança que depositou em mim. Ao Prof. Dr. Carlos Cesar de Castro Deonísio, que acreditou no meu projeto, valorizou a minha pesquisa e me incentivou desde o início da minha caminhada, além de ter dividido seus conhecimentos comigo e com meus colegas durante as aulas. Ao Prof. Dr. Luiz Paulo Lopes Fávero, que contribuiu, imensamente, com valorosas sugestões que serviram como guia para adequação e conclusão desta pesquisa. Aos queridos colegas David Benedictis, Eduardo Silva e James Lima, que me incentivaram a entrar no mestrado e me ajudaram sempre que precisei. Às queridas amigas Maria da Luz e Carolina Portilho, que, durante esses anos, me incentivaram constantemente para que pudesse concluir o trabalho, com compreensão e apoio incondicionais. Aos professores do curso de mestrado, que muito contribuíram para a minha formação e para o desenvolvimento desta pesquisa. À minha mãe, Marilda, pelo apoio, palavras de motivação e incentivo em todas as fases dessa trajetória. Ao meu pai, Claudio, por acreditar sempre na minha capacidade. Aos meus irmãos Patrícia e Junior, pela torcida, apoio e admiração. Ao meu amado marido, João Vitor, pelo amor, pelo incentivo e pela ajuda nos momentos difíceis. Ao meu amado filho Arthur, que, por vezes, queria me ajudar a escrever a dissertação, a qual chamava de “livro grande”, para que, segundo ele, eu pudesse acabar logo e ter mais tempo para brincarmos juntos. E sobretudo, a Deus, que me capacita, me dá forças e me sustenta a todo momento.

RESUMO

Esta pesquisa demonstra que o preço médio do barril de petróleo bruto WTI (*West Texas Internediate*), o movimento de tráfego aéreo do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (Guarulhos), o PIB e o IBOVESPA influenciam no comportamento da demanda de tráfego na Terminal São Paulo (TMA-SP). O modelo proposto pode representar uma fonte de orientação para os tomadores de decisão no que concerne à avaliação da demanda, contribuindo para um planejamento mais abrangente de ações públicas e privadas em benefício do setor de transporte aéreo brasileiro. Este trabalho propõe uma análise em torno do comportamento da demanda de tráfego no espaço aéreo brasileiro, por meio de uma investigação de fatores que possam influenciar na demanda, os quais chamamos de variáveis independentes. Para tanto, são avaliados os recentes cenários econômicos, mundial e nacional, e definidas as variáveis macro e microeconômicas para formação de um modelo econométrico de regressão linear múltipla para representar a demanda. Além de uma análise conceitual, utiliza-se uma metodologia simples de previsão de demanda, baseada em um conjunto de técnicas estatísticas clássicas para determinação das principais variáveis influentes na demanda, dentre as selecionadas na análise dos cenários econômicos.

Palavras-chave: Transporte aéreo. TMA-SP. Previsão de demanda. Regressão linear múltipla.

ABSTRACT

This research demonstrates that the average price of a barrel of crude oil WTI, the movement of air traffic at São Paulo International Airport (Guarulhos), GDP and IBOVESPA influence the behavior of traffic demand at the São Paulo Terminal (TMA-SP). The proposed model can represent a source of guidance for decision makers regarding demand assessment, contributing to a broader planning of public and private actions for the benefit of the Brazilian air transport sector. This study proposes an analysis around the behavior of traffic demand in Brazilian airspace, through an investigation of factors that can influence demand, which we call independent variables. To this end, recent economic scenarios, both global and national, are evaluated and macro and microeconomic variables defined to form an econometric model of multiple linear regression to represent demand. In addition to conceptual analysis, we use simple demand forecasting methodology, based on a set of classical statistics, to determine the main variables in demand, from among those included in the economic scenarios.

Keywords: *Air transport. TMA-SP. Demand forecast. Multiple linear regression.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes do Sistema ATM. 36

Figura 2 - Constituição do DECEA. 39

Figura 3 – Visão vertical da estrutura do espaço aéreo. 43

Figura 4 – Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ). 44

Figura 5 – Zona de Controle de Tráfego (CTR). 45

Figura 6 – Áreas de responsabilidade do APP. 46

Figura 7 - TMAs e CTRs dos arredores do Rio de Janeiro e de São Paulo. 46

Figura 8 - Regiões de Informação de Voo e de Defesa Aeroespaciais. 47

Figura 9 - Benefícios da aviação para economia brasileira (dados de 2017). 53

Figura 10 - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (janeiro de 2020)..... 54

Figura 11 - Estatística d de Durbin-Watson. 65

Figura 12 - Metodologia de previsão da demanda de tráfego aéreo no espaço aéreo brasileiro. 67

Figura 13 - Banco de dados original, no software Excel. 87

Figura 14 - Mapa das TMA, Brasil. 90

Figura 15 - Ranking de TMA/CTR - 2019. 91

Figura 16 - Desenho da TMA-SP e os aeroportos alimentadores. 93

Figura 17 - Ranking de Aeródromos de 2019. 94

Figura 18 - Gráficos de densidade das variáveis. 96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Total anual de movimentos. 91

Tabela 2 - Média diária de movimentos por dia da semana. 92

Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis. 95

Tabela 4 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, PIB (*lags* de 1 a 4). 97

Tabela 5 - Resumo dos modelos - TMA_SP, PIB (*lags* de 1 a 4). 98

Tabela 6 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, PIB (*lags* de 1 a 4). 98

Tabela 7 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, GDP (*lags* de 1 a 4). 99

Tabela 8 - Resumo dos modelos - TMA_SP, GDP (*lags* de 1 a 4). 99

Tabela 9 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, GDP (*lags* de 1 a 4). ... 100

Tabela 10 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, IPCA (*lags* de 1 a 4). ... 100

Tabela 11 - Resumo dos modelos - TMA_SP, IPCA (*lags* de 1 a 4). 101

Tabela 12 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, IPCA (*lags* de 1 a 4).. 101

Tabela 13 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, DOLAR (*lags* de 1 a 4). 102

Tabela 14 - Resumo dos modelos - TMA_SP, DOLAR (*lags* de 1 a 4). 102

Tabela 15 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, DOLAR (*lags* de 1 a 4).103

Tabela 16 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, IBOVESPA (*lags* de 1 a 4). 103

Tabela 17 - Resumo dos modelos - TMA_SP, IBOVESPA (*lags* de 1 a 4). 104

Tabela 18 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, IBOVESPA (*lags* de 1 a 4). 104

Tabela 19 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, PETROLEO (*lags* de 1 a 4). 105

Tabela 20 - Resumo dos modelos - TMA_SP, PETROLEO (*lags* de 1 a 4). 105

Tabela 21 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, PETROLEO (*lags* de 1 a 4). 106

Tabela 22 - Correlação e significância – variáveis dependente e independentes. 107

Tabela 23 - Resumo dos modelos - TMA_SP e variáveis independentes. 108

Tabela 24 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP e variáveis independentes. 108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Referências citadas. 33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1º GCC	Primeiro Grupo de Comando e Controle
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AO	Operações de Aeródromos
AOM	Organização e Gerenciamento do Espaço Aéreo
APP	Controle de Aproximação
ATC	Controle de Tráfego Aéreo
ATM	Gerenciamento de Tráfego Aéreo
ATMSDM	Gerenciamento de Entregas de Serviços ATM
ATZ	Zona de Tráfego de Aeródromo
AUO	Operações dos Usuários do Espaço Aéreo
CGNA	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
CIMAER	Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica
CINDACTA	Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CISCEA	Comissão de Implantação de Sistemas de Controle do Espaço Aéreo
CM	Gerenciamento de Conflitos
CNS	Comunicação, Navegação, Vigilância
COVID-19	Doença do Coronavírus
COMAER	Comando da Aeronáutica
CTR	Zona de Controle de Tráfego
DCA	Diretriz do Comando da Aeronáutica
DCB	Balanceamento entre a Demanda e a Capacidade
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
GDP	Produto Interno Bruto Mundial
GEIV	Grupo Especial de Inspeção em Voo
IATA	Associação Internacional de Transporte Aéreo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBOVESPA	Índice da Bolsa de Valores de São Paulo
ICA	Instituto de Cartografia da Aeronáutica
ICAO	Organização da Aviação Civil Internacional
ICEA	Instituto de Controle do Espaço Aéreo

IFR	Regras de Voo por Instrumento
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
JJAER	Junta de Julgamentos da Aeronáutica
NM	Milhas Náuticas
ONU	Organização das Nações Unidas
PAME-RJ	Parque de Material de Eletrônica de Aeronáutica do Rio de Janeiro
PBN	Navegação Baseada em Performance
PIB	Produto Interno Bruto
PPGCA	Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea
QAV	Querosene de Aviação
SARP	Padrões e Práticas Recomendadas
SBGR	Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos
SBKP	Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas
SBSP	Aeroporto de São Paulo/Congonhas
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SRPV-SP	Serviço Regional de Proteção ao Voo de São Paulo
TMA	Terminal
TMA-SP	Terminal São Paulo
TS	Sincronização de Tráfego
TWR	Torre de Controle
VFR	Regras de Voo Visual
WTI	Preço do petróleo do Oeste do Texas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 29

2.1 Controle do espaço aéreo 29

2.2 Demanda de tráfego aéreo 30

2.3 Previsão de demanda 31

2.4 Quadro-resumo 32

3 O SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO 34

3.1 Visão Geral do Sistema ATM 34

3.2 A Navegação Aérea Brasileira 38

3.3 Regras de Voo 40

3.3.1 Regras de Voo Visual (VFR) 41

3.3.2 Regras de Voo por Instrumento (IFR) 41

3.4 A Estrutura do Espaço Aéreo 42

3.4.1 Zona de Tráfego de Aeródromo (AZT) 43

3.4.2 Zona de Controle de Tráfego (CTR) 44

3.4.3 Área de Controle Terminal (TMA) 45

3.4.4 Região de Informação de Voo (FIR) 47

4 A DEMANDA DE TRÁFEGO AÉREO 48

4.1 Cenário global 50

4.2 Cenário nacional 52

5 METODOLOGIA 57

5.1 Os componentes da Estatística 57

5.1.1 Vericação das defasagens 60

5.1.2 Correlação.....61

5.1.3 Regressão Linear Múltipla.....62

5.2 Descrição do método.....66

5.3 Etapa 1: Análise das variáveis 67

5.3.1 Variável Dependente (Objetivo ou Resposta) 70

5.3.1.1 Movimento de Tráfego Aéreo na Terminal São Paulo (TMA-SP).....70

5.3.2 Variáveis Independentes (Explicativas ou Intervenientes) 71

5.3.2.1 Produto Interno Bruto (PIB).....71

5.3.2.2 Produto Interno Bruto Mundial (GDP).....72

5.3.2.3 Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).....72

5.3.2.4 Taxa de Câmbio Nominal (Dólar) 73

5.3.2.5 Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA).....74

5.3.2.5 Preço Médio do Barril de Petróleo Bruto - WTI (PETROLEO).....75

5.3.2.6 Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR) 76

5.3.2.7 Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP) 77

5.3.2.8 Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP) 78

5.3.2.9 Número de Passageiros Pagos do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR_PASSAG) 79

5.3.2.10 Número de Passageiros Pagos do Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP_PASSAG).....80

5.3.2.11 Número de Passageiros Pagos do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP_PASSAG).....81

5.3.2.12 Número de Companhias Aéreas no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (CIA_SBGR) 82

5.3.2.13 Número de Companhias Aéreas no Aeroporto de São Paulo/Congonhas (CIA_SBSP) 83

5.3.2.13 Número de Companhias Aéreas no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (CIA_SBKP) 84

5.3.3 O Banco de Dados 85

5.4 Etapa 2: Análise da relação entre a variável dependente e as variáveis macroeconômicas 87

5.5 Etapa 3: Análise dos modelos.....88

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO 89

6.1 A Terminal São Paulo (TMA-SP) 89

6.2 Resultados:.....94

6.2.1 Etapa 1: Análise das variáveis 94

6.2.2 Etapa 2: Análise da relação entre a variável dependente e as variáveis macroeconômicas 97

6.2.3 Etapa 3: Análise dos modelos 106

CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 111

REFERÊNCIAS.....115

ANEXO A 120

1 INTRODUÇÃO

> “O controle do espaço aéreo e a sua boa articulação com os países vizinhos, assim como o desenvolvimento de nossa capacitação aeroespacial, constituem objetivos setoriais prioritários” (BRASIL, 2012).

O objetivo desta pesquisa é analisar o comportamento da demanda de tráfego aéreo no espaço aéreo brasileiro por meio de uma investigação conceitual dos fatores que influenciam, direta ou indiretamente, na evolução dessa demanda.

A indústria da aviação civil vem crescendo em ritmo acelerado nas últimas décadas, levando Estados e Organizações internacionais a investirem em pesquisas para o desenvolvimento de novos conceitos e tecnologias que possibilitem o uso do espaço aéreo por um número cada vez maior de aeronaves (ICAO, 2002). Nesse sentido, conhecer tanto o histórico da demanda de aeronaves, quanto à expectativa da demanda futura, é de fundamental importância na condução de tais pesquisas.

Sobre a demanda futura, não apenas na indústria, mas na vida de forma geral, a curiosidade sobre fatos que poderão ou não acontecer no futuro se manifesta desde o início da existência humana até os dias atuais. A todo momento, o homem se questiona sobre o futuro. Como parte da natureza humana, essa curiosidade nos impulsiona a buscar caminhos e métodos que sejam capazes de nos revelar algo que ainda está por vir. Essas revelações oferecem a oportunidade de prepararmo-nos e planejarmo-nos para o futuro, sobretudo no que concerne ao conhecimento das relações de causas e efeitos entre as variáveis existentes em nossos sistemas de investigação.

Assim como os seres humanos, nesse sentido, as organizações funcionam da mesma forma. Olhar para o futuro proporciona uma possibilidade de planejamento e desenvolvimento da organização. Para ela, identificar padrões no comportamento das variáveis, e prever a demanda pelos seus produtos e/ou serviços são fundamentais para um planejamento estratégico eficiente. Contudo, para prever a demanda, é necessário conhecer e analisar os agentes que a compõem. Além de conhecê-los a fundo, é importante identificar quais são os componentes que mais contribuem para o

aumento ou diminuição da sua demanda. Neste estudo esses agentes serão associados às variáveis que serão elencadas mais adiante.

Nos tempos atuais, a previsão de valores futuros baseada em informações históricas, constitui um dos maiores desafios da análise de dados do setor aeroviário nacional. Sob a ótica desse setor, considerando a influência de inúmeros fatores, principalmente de ordem política-econômica, as previsões são passíveis de algum grau de incerteza. Ainda que a técnica de projetar seja a mais sofisticada possível, não somos capazes de saber com absoluta certeza o que ocorrerá no futuro. Para minimizar os efeitos de incertezas inerentes ao processo, frequentemente os estudos costumam apresentar as previsões médias junto com intervalos de confiança para certo nível de significância.

Particularmente, o que se propõe neste estudo, além de analisar as variáveis que compõem a demanda do tráfego aéreo brasileiro, é a utilização de uma metodologia de previsão de demanda baseada em técnicas estatísticas de análise multivariada de dados e econometria. São métodos que, simultaneamente, analisam e encontram relações entre múltiplas variáveis, possibilitando prever os efeitos que uma variável exercerá sobre a outra. O conceito preciso das técnicas que serão utilizadas nesta pesquisa será harmoniosamente fundamentado ao longo do estudo.

Para entender melhor sobre a demanda de tráfego aéreo precisaremos voltar às origens Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM)[1] que estão diretamente ligadas à regulamentação e normatização estabelecidas pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO)[2]. Sediada em Montreal, no Canadá, a ICAO é uma organização subordinada à Organização das Nações Unidas (ONU) que possui 193 Estados Membros. Seu principal objetivo é favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aéreos, através de um consenso sobre Padrões e

---

1 ATM, do inglês, *Air Traffic Management*.
2 ICAO, do inglês, *International Civil Aviation Organization*. Também é comum a utilização da sigla OACI, em português.

Práticas Recomendadas (SARP) para aviação civil internacional e políticas de apoio ao setor de aviação civil (ICAO, 2014).

O Gerenciamento de Tráfego Aéreo Global é norteado basicamente por dois documentos publicados pela ICAO. O primeiro trata do Conceito Operacional do Gerenciamento de Tráfego Aéreo Global (Doc. 9854, 2005), aprovado pela Décima Primeira Conferência de Navegação Aérea da ICAO, que tem como finalidade apresentar a visão da ICAO sobre o Sistema ATM integrado, harmonizado e globalmente interoperável, num horizonte de planejamento até 2025. Trata-se de um guia para a implementação de tecnologias CNS/ATM[3], visando um sistema ATM Global interoperável (ICAO, 2005). O “Sistema ATM” pode ser entendido como a modernização do Controle do Espaço Aéreo, numa escala global, para suportar o crescente fluxo de tráfego aéreo projetado para o futuro. De forma mais específica, o Sistema ATM é um sistema que fornece gerenciamento de tráfego aéreo através de um sistema colaborativo de integração entre o homem, a informação, a tecnologia, as instalações e serviços, no espaço aéreo, em via terrestre, em bases espaciais de comunicações, na navegação aérea e na vigilância. Sobre os documentos da ICAO citados anteriormente, o segundo documento, base do Gerenciamento do Espaço Aéreo descreve especificamente o Plano Global de Navegação Aérea para sistemas CNS/ATM (ICAO, 2002). Trata-se do plano de ação que descreve o processo de planejamento e implementação de conceito CNS/ATM incluindo conceitos técnicos, aspectos econômicos, legais, organizacionais, ambientais e questões de cooperação técnica, numa visão global, visando auxiliar os membros no seu planejamento regional de implementação do conceito CNS/ATM (ICAO, 2002).

O Brasil, como país signatário da ICAO e Membro do Grupo I do Conselho da ICAO, contribui ativamente nos debates e elaboração das normativas e recomendações técnicas emitidas pela ICAO. Nesse Conselho, o Comando da Aeronáutica e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) assessoram tecnicamente a Delegação Brasileira Permanente que é subordinada ao Ministério das Relações

---

3 CNS/ATM, do inglês, *Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management*.

Exteriores (ANAC, 2016). Nesse contexto, o Brasil, seguindo as orientações globais da ICAO, publicou em dezembro de 2011 a Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA) 351-2 que trata da Concepção Operacional ATM Nacional. Esta DCA tem a finalidade de apresentar a visão prospectiva para evolução do Sistema ATM Nacional alinhada à Concepção Operacional ATM Global da ICAO.

Como já vimos tanto o Doc. 9854 da ICAO, quanto a DCA 352-2 do Comando da Aeronáutica, tratam do conceito operacional ATM, sendo o primeiro numa esfera global e o segundo no âmbito nacional. Os dois documentos abordam o Sistema ATM como o fornecimento de serviços integrados. Esses serviços são definidos como os sete componentes de conceitos interdependentes que integrados formam o Sistema ATM. Os componentes são: Organização e Gerenciamento do Espaço Aéreo (AOM)[4]; Operações de Aeródromos (AO)[5]; Balanceamento entre a Demanda e a Capacidade (DCB)[6]; Sincronização de Tráfego (TS)[7]; Gerenciamento de Conflitos (CM)[8]; Operações dos Usuários do Espaço Aéreo (AUO)[9] e Gerenciamento de Entregas de Serviços ATM (ATMSDM)[10]. A ordem dos componentes não é prioridade para o Sistema ATM.

A compreensão da teoria do Gerenciamento do Espaço Aéreo tratada nos parágrafos anteriores faz-se necessária para o entendimento de que a demanda de tráfego aéreo, objeto dessa pesquisa, é uma das bases de um dos sete componentes do Sistema ATM, o Balanceamento entre a Demanda e a Capacidade.

Atualmente, em diversos ramos, a análise da demanda é um tema bastante relevante para os planejadores de negócios. No transporte aéreo, essa premissa não é diferente. Para os *stakeholders* do setor aeroviário, uma profunda análise dos

---

4 AOM, do inglês, *Airspace Organization and Management.*
5 AO, do inglês, *Aerodrome Operations*.
6 DCB, do inglês, *Demand and Capacity Balancing*.
7 TS, do inglês, *Traffic Synchronization*.
8 CM, do inglês, *Conflict Management*.
9 AUO, do inglês, *Airspace User Operations.*
10 ATMSDM, do inglês, *ATM Service Delivery Management*.

pretensos usuários dos serviços de navegação aérea pode proporcionar maior disposição dos agentes privados em investir no país.

No setor aeroviário brasileiro ocorrem diversos eventos que necessitam de diagnósticos preditivos que levam em consideração tanto variáveis inerentes ao tráfego aéreo nacional e internacional, quanto variáveis socioeconômicas. No entanto, há de compreender que, para se alcançar tais diagnósticos preditivos, existe um caminho precursor de conhecimento e análise dos fatores influentes no comportamento da demanda de tráfego aéreo.

A busca por fatores que influenciam, direta ou indiretamente, na demanda de tráfego aéreo, perpassa pela análise de cenários econômicos nas esferas nacional e internacional, bem como na observação de características do setor aeroviário brasileiro.

A previsão de demanda também é um fator de extrema importância para o gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, principalmente quando se pretende propor qualquer alteração na circulação aérea. Existem vários métodos de previsão de demanda, porém o grande desafio é propor uma metodologia que seja adequada para a realidade do setor aéreo, no sentido de que haja equilíbrio entre a consistência do método proposto e seu grau de simplicidade. Ou seja, busca-se, com este trabalho, uma troca justa entre consistência e simplicidade, para que o método proposto seja acessível aos diferentes agentes envolvidos no problema de gerenciamento de tráfego aéreo no Brasil.

O Brasil possui atualmente trinta e nove Áreas de Controle Terminal (TMA[11]) (BRASIL, 2020a, p. 143). Por estas áreas, a todo momento, circulam aeronaves com destinos e origens diversos. Para que haja maior fluidez no trânsito das aeronaves é de suma importância prever o volume de aeronaves que tem a intenção de voar nessas áreas. Para testar a metodologia proposta, optou-se pelo uso dos dados da

---

11 TMA, do inglês, *Terminal Control Area*

Terminal São Paulo (TMA-SP), como estudo de caso, pelo fato desta ser a TMA mais movimentada do Brasil (BRASIL, 2020a, p. 146).

Pretende-se aqui que este estudo impulsione um olhar sobre os fatores que compõem a demanda brasileira de tráfego aéreo, servindo como fonte de orientação para planejamento de ações futuras. Além disso, espera-se que este trabalho contribua com os processos de tomada de decisão e, consequentemente, com o desenvolvimento nacional no tocante à navegação aérea.

O foco desse estudo é possibilitar que decisões sejam tomadas com o amparo de uma metodologia simples e acessível aos diferentes membros do setor aeroviário brasileiro. Também no transporte aéreo, assim como em diversos outros ramos de negócio, é comum observarmos muitas decisões estratégicas ou operacionais serem tomadas com base em situações internas e externas de riscos e incertezas. O apoio de diversas análises disponíveis na literatura possibilita, aos tomadores de decisões, oportunidades de serem mais coerentes com a realidade que os espera no futuro. Nesse sentido, visando oferecer ao setor aeroviário brasileiro mais uma opção de consulta sobre características da sua demanda, esta pesquisa busca investigar fatores econômicos que possam colaborar com o crescimento da demanda de tráfego aéreo no Brasil.

Observando as tendências mundiais relativas à demanda de tráfego aéreo, foi feita uma análise sobre a influência dos cenários econômicos nacional e internacional no setor aeroviário brasileiro. Como dito anteriormente, buscou-se identificar quais variáveis socioeconômicas são mais influentes no comportamento da demanda de tráfego brasileiro. Com esta informação e com a ciência da demanda esperada no futuro, os gestores do ramo terão mais subsídio em seus planejamentos e tomadas de decisões.

O transporte aéreo é uma importante modalidade que promove ações, públicas e privadas, em prol da melhoria da mobilidade nacional, dado que, em muitas localidades do Brasil, o avião é a única opção que permite o acesso ao sistema nacional de mobilidade (BRASIL, 2018b). Além das rotas nacionais, o Brasil também

hospeda importantes aeroportos internacionais, sendo estes, palcos de uma série de voos internacionais.

A demanda pelos voos no Brasil, está intimamente relaciona ao transporte de pessoas, para fins de negócios e turismo, cargas e mala postal. Nos últimos anos que antecederam 2020, essa demanda apresentava um comportamento crescente e gradativo. A partir do final de 2019, uma crise de origem sanitária tomou conta do planeta. A pandemia da COVID-19[12] provocou inúmeros impactos sociais, econômicos, políticos e culturais na humanidade. Alguns com efeitos imediatos, outros com efeitos ainda desconhecidos. Uma das consequências foi a crise econômico-financeira global que provocou a perda de emprego de milhares de trabalhadores e a redução da renda familiar, entre outras, afetando a aviação global. Diante deste fato, assim como em diversas outras áreas, a demanda pelo transporte aéreo reduziu drasticamente.

Nesta pesquisa, procura-se identificar fatores que influenciam direta ou indiretamente na demanda de tráfego aéreo, por meio de um modelo preditivo simples. Encontrar tais fatores representa uma modesta contribuição para a melhoria da gestão do fluxo de tráfego aéreo, já que a previsão de demandas futuras de tráfego possibilita um planejamento mais acurado na busca de um fluxo aéreo mais ordenado, seguro e eficiente.

O objetivo geral é analisar o setor de transporte aéreo apontando fatores, internos e externos, ao tráfego aéreo, que possam influenciar, direta ou indiretamente, a demanda de aeronaves no espaço aéreo brasileiro. Em outras palavras, esse estudo busca identificar quais são as variáveis que contribuem para o aumento ou para a redução da procura pelo transporte aéreo brasileiro.

Assim, a fim de atingir o objetivo do presente estudo, os seguintes objetivos específicos são estabelecidos:

---

12 COVID-19, do inglês, *Coronavirus Disease* 2019. Doença infecciosa causada pelo Coronavírus.

a. Identificar e analisar as variáveis socioeconômicas influentes na demanda de tráfego aéreo brasileira;

b. Propor uma metodologia de previsão de demanda de tráfego aéreo; e

c. Aplicar a metodologia proposta a uma porção do espaço aéreo brasileiro, ou seja, realizar um estudo de caso com dados de uma parte do espaço aéreo brasileiro para verificação dos resultados.

Tendo em vista os objetivos específicos estabelecidos acima, foi enunciada a seguinte hipótese: um modelo preditivo simples pode apontar fatores que influenciam na demanda de tráfego aéreo.

O tema em tela tem sua importância, pois repercutirá diretamente em resultados práticos, diante da revelação do volume esperado de tráfego aéreo possibilitando assim um planejamento estratégico mais acurado no que se refere ao Gerenciamento do Espaço Aéreo servindo como subsidio para a definição da quantidade de pessoal adequada de acordo com a demanda esperada, bem como na abertura de consoles[13], e no agrupamento ou no desagrupamento de setores do espaço aéreo, por exemplo.

Além da relação direta entre o Gerenciamento do Espaço Aéreo e dois dos componentes do Poder Aeroespacial Brasileiro, a Aviação Civil e a FAB, a presente pesquisa se justifica devido à possibilidade de melhorias ao bem-comum: a revelação da demanda futura de tráfego aéreo contribuirá para a definição de ações para a redução ou controle do impacto ambiental do tráfego aéreo. O DOC 9750 manifesta a preocupação da ICAO sobre o impacto das operações aéreas na atmosfera, além dos efeitos locais do ruído e da qualidade do ar causados pela queima de combustível. Conhecer a demanda futura de tráfego pode ajudar na busca de soluções que atenuem os efeitos negativos do tráfego aéreo na atmosfera.

---

13 Consoles são postos ou estações de controle, onde o controlador de tráfego aéreo realiza o seu trabalho.

O tema de estudo desta pesquisa é aderente à Linha de Pesquisa do PPGCA “Poder Aeroespacial Brasileiro, Segurança e Defesa” e está incluído no tema de pesquisa “Gestão da Navegação Aérea e Controle do Espaço Aéreo” do núcleo temático “Emprego e Gestão do Poder Aeroespacial”.

Ressalta-se, ainda, a importância da utilização racional do espaço aéreo, em função da relevância estratégica que possuem tanto a aviação civil quanto a aviação militar, relacionadas, respectivamente, ao crescimento econômico do país e à soberania do espaço aéreo.

Por se tratar de uma pesquisa referente a um curso de mestrado profissional, este trabalho busca não somente uma validação da prática baseada em conceitos e teorias, mas se tornar um instrumento de aprendizado profissional e acadêmico atualizado, assim como, servir de inspiração para novos trabalhos da mesma natureza.

Esta pesquisa está limitada inicialmente aos resultados que serão obtidos no estudo de caso aplicado a uma fatia do espaço aéreo brasileiro denominada Terminal São Paulo (TMA-SP). Os conceitos de “Terminal” e de outros termos relativos à estrutura do espaço aéreo serão cuidadosamente abordados no Capítulo 3. Outrossim, para evitar que os resultados desta pesquisa sejam usados genericamente, a interpretação dos resultados e sua aplicação serão restritas ao setor aeroviário brasileiro.

Considerando que a pesquisa científica “é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 155), nesta pesquisa, foi utilizado o método hipotético-dedutivo e, no que se refere à natureza da análise, foi aplicada a análise quantitativa para a fundamentação dos resultados esperados e a confirmação da proposta. O método hipotético-dedutivo é aquele que, segundo Karl Popper, inicia com a formulação de um problema, passa pela fase de construção das conjunturas passíveis de testes e culmina na fase de testes de falseamento (POPPER, 1975).

Visando atender aos objetivos específicos estabelecidos, foi realizada uma pesquisa do tipo exploratória, explicativa, documental e bibliográfica.

A pesquisa exploratória visa, neste estudo, a análise dos dados obtidos, que foram objeto de reflexão por parte da pesquisadora. Foram avaliadas, qualitativamente e quantitativamente, as variáveis selecionadas para compor a metodologia de previsão de demanda.

No tocante às pesquisas explicativas, GIL (2008, p. 28), diz que “são aquelas que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos”. Conforme definido nos objetivos específicos, foram identificadas as variáveis socioeconômicas influentes na demanda de tráfego aéreo brasileira.

No que diz respeito à pesquisa documental, devido à natureza da fonte, o estudo envolve aspectos específicos da Aeronáutica e da ICAO, baseando-se, na maior parte das vezes, em documentos oficiais publicados. A pesquisa bibliográfica, por sua vez, refere-se à pesquisa na área de Estatística e das Relações Internacionais, no que se refere à relação entre a Aeronáutica e a ICAO (GIL, 2008). Esta dissertação apresenta seus elementos textuais estruturados em introdução; motivações; problema da pesquisa; fundamentação teórica; desenvolvimento, dividido em cinco capítulos, visando organizar as ideias de modo que seja possível a compreensão das respostas aos objetivos geral e específicos; e conclusão.

Após os capítulos iniciais de apresentação da pesquisa, inicia-se o desenvolvimento com o capítulo 3. Este aborda os principais conceitos relacionados ao SISCEAB, o sistema brasileiro de prestação dos serviços de navegação aérea, contextualizando o controle de tráfego aéreo do Brasil. São apresentados aspectos estruturais, bem como a competência e os serviços relacionados ao gerenciamento do espaço aéreo brasileiro, com base, principalmente, na documentação publicada pelo DECEA.

O capítulo 4, por sua vez, aborda a análise da demanda de tráfego aéreo propriamente dita, buscando identificar suas principais características e

comportamento. Nesse capítulo, discorre-se também sobre o tema da influência do cenário econômico no setor aeroviário brasileiro com o propósito de identificar variáveis socioeconômicas que possam impactar na demanda de tráfego aéreo.

Em seguida, o quinto capítulo descreve a metodologia utilizada para prever a demanda de tráfego aéreo com base em princípios e especificidades dos componentes da Estatística usados como técnicas de previsão da demanda, de acordo com a literatura existente. Além disso, é realizada uma análise de cada variável selecionada para a pesquisa, e apresentado o banco de dados.

Finalmente, o capítulo 6 apresenta os resultados da aplicação da metodologia proposta com dados específicos de uma região do espaço aéreo brasileiro, incluindo a motivação para escolha da área da Terminal São Paulo (TMA-SP).

Após os seis capítulos descritos acima, segue a Conclusão do trabalho, que discorre sobre o resultado da pesquisa, contendo as informações produzidas após as análises dos dados e do referencial teórico, visando atender aos objetivos da pesquisa e apresentar algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o objetivo de encontrar fontes de informação sobre os temas abordados nessa pesquisa, foi consultada uma bibliografia diversificada que reuniu um conjunto de livros clássicos, artigos científicos, documentos oficiais, portais da Internet, revistas especializadas, teses de Doutorado e dissertações de Mestrado. Mergulhar profundamente neste material foi o que tornou possível a materialização de ideias e pensamentos, muitas vezes soltos e perdidos, em algo mais estruturado e direcionado para a condução dessa pesquisa. O assunto em tela nesse estudo, “análise da demanda de tráfego aéreo”, com uma abordagem quantitativa, traz a necessidade de passearmos por um leque de conteúdos interdisciplinares que, ao final de todo percurso trazem, tanto para mim, como pesquisadora, quanto para o leitor, a clareza da importância do trajeto percorrido e também, da estrada que ainda temos a percorrer. Em resumo, quero dizer que tudo fará mais sentido ao final do caminho. Ao longo dessa trajetória, precisei dar alguns passos para trás, e redirecionei minha pesquisa para adequá-la ao meu objetivo final. Valeu a pena.

Os conteúdos interdisciplinares aos quais me referi dizem respeito à agregação de conhecimento sobre o controle do espaço aéreo; a demanda de tráfego aéreo numa visão global e nacional; o método de previsão de demanda selecionado e os elementos que o compõe; além de elementos práticos para aplicação do método e análise dos seus resultados. O método adotado nessa pesquisa, bem como os componentes da Estatística utilizados serão detalhados no capítulo 7 (metodologia). Ao final desse capítulo, há um quadro-resumo contendo a bibliografia usada para abordar os temas principais dessa pesquisa, tais como: o controle do espaço aéreo, a demanda de tráfego aéreo e a previsão de demanda.

2.1 Controle do espaço aéreo

Como fonte para o tema do controle do espaço aéreo, inicialmente foram consultados documentos oficiais publicados pela ICAO (DOC 9854 e DOC 9750) com o intuito, principalmente, de apresentar aos leitores a origem do gerenciamento de

trafego aéreo numa esfera global, buscando o enquadramento do tema “demanda” no contexto da navegação aérea internacional.

> “O balanceamento entre a **demanda** e a capacidade avaliará estrategicamente os fluxos de tráfego em todo o sistema e as capacidades dos aeródromos para permitir que os usuários do espaço aéreo determinem quando, onde e como podem operar.” (ICAO, 2005, p. 16, grifo nosso).

Para complementar o entendimento deste tema, foram consultados outros documentos oficiais de prestadores de serviços de navegação aérea principalmente do Comando da Aeronáutica; portais da Internet de usuários do espaço aéreo; do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), bem como dos Ministérios da Defesa e da Infraestrutura. Além da análise de documentos oficiais, a fundamentação teórica se baseia na consulta de trabalhos e obras que abordam conceitos que envolvem o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), principalmente no que se refere à estrutura do espaço aéreo.

2.2 Demanda de tráfego aéreo

A demanda de tráfego aéreo é, em síntese, a procura pelos serviços de transporte aéreo que, consequentemente, reflete na quantidade de aeronaves voando no espaço aéreo. Nessa pesquisa, esse tema foi abordado de forma a auxiliar em avaliações futuras sobre a relação entre o transporte aéreo e a economia.

Sobre a análise da demanda de tráfego aéreo no cenário global, foram consultados estudos divulgados pela ICAO, IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e Banco Mundial, buscando identificar fatos recentes que corroboraram com crises no mercado econômico mundial e, consequentemente, no transporte aéreo. Além disso, foram consultadas obras relativas à teoria das crises econômicas.

No cenário nacional, a análise foi baseada numa pesquisa bibliográfica formada por informações divulgadas por instituições especializadas no transporte aéreo e na economia nacional, tais como: ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil),

IATA[14] (Associação Internacional de Transporte Aéreo) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

As definições de todas as variáveis selecionadas para a pesquisa foram extraídas dos órgãos originadores dos dados de cada uma delas. Como exemplo, cito o PIB (Produto Interno Bruto), cujo órgão responsável pelo cálculo é o IBGE, que o define como: “a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. Todos os países calculam o seu PIB nas suas respectivas moedas” (IBGE, 2020b). Todas as variáveis serão definidas no capítulo 5.

2.3 Previsão de demanda

A previsão de demanda é uma peça-chave para o planejamento, gestão e operação de uma organização. No mercado do transporte aéreo, a previsão de demanda é de suma importância para uma série de membros integrantes desse mercado, públicos ou privados. Nessa pesquisa, é dada ênfase à análise da demanda com o objetivo de contribuir para o planejamento de diversas áreas do setor de transporte aéreo.

No tráfego aéreo, a demanda é a quantidade de voos que manifestam a intenção de uso do espaço aéreo em determinada região do espaço aéreo no momento desejado.

A previsão da demanda é a estimativa de um valor ou variável num tempo futuro utilizando dados históricos (MARTINS; LAUGENI, 1998, p. 145). O papel da previsão é indicar e possibilitar a avaliação de incertezas e riscos. No entanto, deve-se sempre ter em mente que a incerteza não pode ser desconsiderada, e que o futuro está sujeito a mudanças e pode ser diferente do previsto (MAKRIDAKIS, 1988, p. 467).

---

14 IATA, do inglês, *International Air Transport Association*.

Existem diversos métodos de previsão de demanda. A escolha do método a ser adotado depende da natureza da variável a ser prevista e de vários outros fatores, tais como a disponibilidade de dados históricos; o horizonte de previsão a longo, médio ou curto prazo; a precisão necessária; o orçamento disponível; e o padrão dos dados existentes (sazonal, cíclico ou tendência) (DAVIS *et al*., 2001). Em geral, os modelos de previsão de demanda seguem as seguintes etapas:

- finalidade do modelo;
- coleta e análise de dados;
- escolha da técnica de previsão;
- processamento das previsões e
- monitoração do modelo.

Existem duas categorias de técnicas de modelos de previsão que podem utilizar dados qualitativos e quantitativos. Os modelos qualitativos, assim como toda técnica qualitativa, são baseados em aspectos que apresentam maior dificuldade em se quantificar, fatores como opiniões e experiências, sendo indicado o seu uso quando a aquisição de dados específicos é considerada mais difícil. Os modelos quantitativos utilizam os históricos de informações disponíveis e são os mais usados como ferramenta de apoio e suporte à tomada de decisão. Nesta pesquisa, será proposto um modelo quantitativo para previsão da demanda de aeronaves no espaço aéreo brasileiro.

2.4 Quadro-resumo

O quadro 1 tem como objetivo apresentar um resumo das principais referências citadas nesta pesquisa sobre os temas referentes à navegação aérea, demanda de tráfego aéreo e previsão de demanda. O quadro está ordenado alfabeticamente por tema e por ano de publicação, embora algumas obras tenham sido citadas mais de uma vez no texto.

Quadro 1 – Referências citadas.

Tema	Autores	Ano
Área de Controle Terminal (TMA)	BRASIL - DECEA	2020
	BRASIL - CGNA (Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2019)	2020
Áreas de responsabilidade do APP	BRASIL - DECEA	2020
Capacidade do sistema ATM	BRASIL - DECEA (ICA 100-22)	2018
CNS/ATM – Comunicações, Navegação, Vigilância	BRASIL - DECEA	2019
Concepção Operacional ATM Nacional	BRASIL - DECEA (DCA 351-2)	2011
Controle do Espaço Aéreo	BRASIL - Ministério da Defesa (PND)	2012
Crises Econômicas	SILVA, L.M.A.	2000
	MENDES et al.	2015
DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo)	BRASIL - DECEA (MCA 63-18)	2016
Espaço Aéreo Brasileiro	BRASIL - DECEA	2020
	BENEDICTIS, R. D.	2020
Gerenciamento de Tráfego Aéreo Global	ICAO (Doc. 9854)	2005
Gerenciamento do Espaço Aéreo	ICAO (Doc. 9750)	2002
Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)	BRASIL - IBGE	2020
Navegação Aérea	ICAO	2002
	ICAO	2014
	ANAC	2016
	ANAC	2019
	ICAO	2020
Pandemia da Covid-19	BRASIL - IPEA	2020
	ICAO	2020
	Banco Mundial	2020
	ANAC	2020
Previsão de demanda	MAKRIDAKIS, S.	1988
	MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P.	1998
	DAVIS et al.	2001
Produto Interno Bruto (PIB)	BRASIL - IBGE	2020
Regiões de Informação de Voo e de Defesa Aeroespaciais	BRASIL - DECEA (MCA 63-18)	2016
Sistema ATM Nacional	BRASIL - DECEA (DCA 352-2)	2011
Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB)	LIMA et al.	2017
	BRASIL - DECEA	2020
Sistema Nacional de Mobilidade	BRASIL - Ministério da Infraestrutura (PAN 2018-2038)	2018
Teoria da Demanda	ALBUQUERQUE, M.C.C.	1986
TMA-RJ e TMA-SP	BRASIL - DECEA	2020
Tráfego Aéreo	BRASIL - ITA	2009
Transporte Aéreo	ICAO	2011
	IATA	2018
	WASHINGTON, M.	2019

Fonte: Autor (2020)

3 O SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

> “Para planejar, gerir e executar todas as atividades que se encontram sob a responsabilidade do DECEA, no âmbito dos cerca de 22 milhões de quilômetros quadrados de espaço aéreo, essa organização incorpora recursos humanos altamente especializados e detém expertise em tecnologias indispensáveis para a execução dos complexos procedimentos atinentes às estratégias do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro” (LIMA *et al*., 2017, p.2).

Neste Capítulo, serão abordados aspectos gerais do Sistema de Gerenciamento do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), com o objetivo de conhecer a sua estrutura atual, abordando aspectos conceituais do controle de tráfego aéreo, com base, principalmente, na documentação publicada pela ICAO e pelo DECEA.

3.1 Visão Geral do Sistema ATM

Antes de conhecermos a navegação aérea brasileira, é importante passearmos por conceitos gerais da navegação aérea global. Já sabemos que a ICAO é uma agência especializada internacional subordinada à ONU, que tem como missão servir como fórum global dos Estados membros para a aviação civil internacional, desenvolvendo políticas e normas, realizando auditorias de conformidade, realizando estudos e análises, prestando assistência e desenvolvendo a capacidade da aviação por meio de muitas outras atividades e da cooperação de seus Estados Membros e partes interessadas (ICAO, 2020).

Em 2003, na 11ª Conferência de Navegação Aérea da ICAO, que ocorreu em Montreal, Canadá, foi criado um novo conceito que modificava o conceito CNS/ATM, adotado desde 1991. Esse novo Conceito Operacional ATM Global apresenta a visão da ICAO sobre um sistema ATM integrado, harmonizado e globalmente interoperável. O termo interoperável diz respeito a uma operação simultânea. Em outras palavras, o sistema ATM deve ser capaz de integrar, de forma harmoniosa, transparente e colaborativa, pessoas, informações, tecnologias, instalações e serviços, apoiado por sistemas de comunicações, navegação e vigilância, baseados em terra, no espaço (satélites), bem como a bordo das aeronaves (ICAO, 2005). Nesse conceito, todos esses elementos precisam funcionar ao mesmo tempo e de forma integrada.

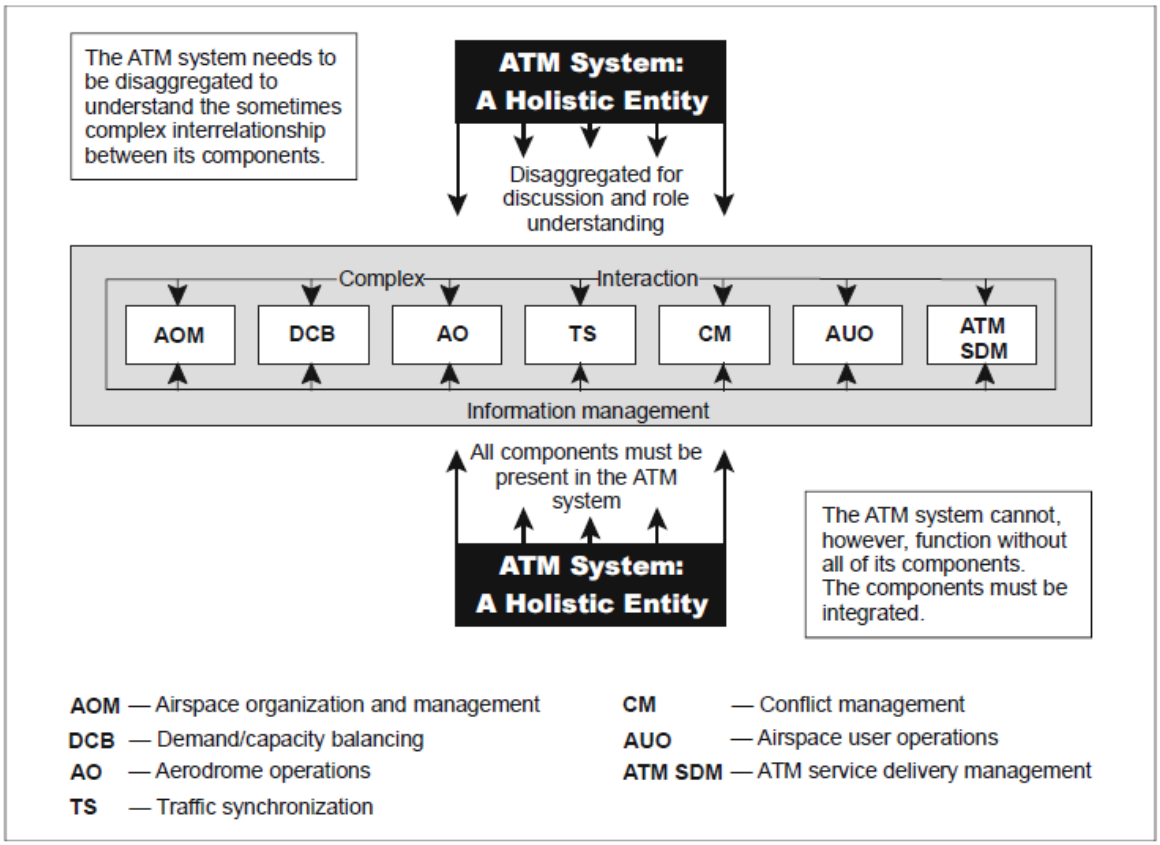
É importante, neste contexto, compreender também a definição de Conceito CNS/ATM que foi substituído pelo Conceito Operacional ATM Global: é um conceito adotado desde 1991 para o sistema de comunicações, navegação, vigilância e gerenciamento do tráfego aéreo (Sistema CNS/ATM). “É apoiado em tecnologias digitais, sistemas de base terrestre e satelital e avançados níveis de automação, requeridos para proporcionar uma gestão de tráfego aéreo mundialmente eficaz, segura e harmonizada” (BRASIL, 2019). Embora os conceitos sejam parecidos, existem diferenças significantes entre eles, principalmente, no que se refere à prestação de serviços baseada numa ação conjunta de todas as partes integrantes, operando de forma conjunta e colaborativa.

Nesse momento, é importante que fique claro que essa pesquisa não tem a pretensão de se aprofundar nas diferenças entre os conceitos e nem de analisar as melhorias da substituição. No entanto, com essa explanação, a pesquisa quer chegar ao ponto de apresentar a relação entre a demanda de tráfego aéreo, objeto de análise da pesquisa, e um dos componentes do Sistema ATM, que será apresentado nos próximos parágrafos.

Para delimitar de forma mais clara a provisão dos serviços aos usuários, a ICAO os classificou em sete componentes de conceitos interdependentes: Organização e Gerenciamento do Espaço Aéreo; Operações de Aeródromos; Balanceamento entre Demanda e Capacidade; Sincronização de Tráfego; Gerenciamento de Conflitos; Operações dos Usuários do Espaço Aéreo; e Gerenciamento de Entregas de Serviços ATM. A ordem dos componentes não é prioridade para o Sistema ATM (ICAO, 2005).

Vale ressaltar que o objeto dessa pesquisa, a demanda, é parte integrante do terceiro componente do Sistema ATM, o “Balanceamento entre Demanda e Capacidade” (DCB), conforme destacado na figura 1.

Figura 1 – Componentes do Sistema ATM.



Fonte – ICAO (2005, p. 17)

Desse componente, entende-se que o balanceamento é a busca pelo equilíbrio entre o volume de tráfego esperado e as capacidades declaradas (de setor ATC[15] e aeroportuária) pelas autoridades competentes.

> "A capacidade do sistema ATM depende de muitos fatores, incluindo a estrutura das rotas, a precisão de navegação da aeronave que usa o espaço aéreo, os fatores relacionados com as condições meteorológicas e a carga de trabalho do controlador. Todo esforço deve ser empreendido para prover capacidade suficiente de suprir os níveis de tráfego normais e máximos, assegurando-se de que os níveis adequados de segurança são mantidos" (BRASIL, 2018a, p.20).

15 ATC, do inglês, *Air Traffic Control*

Isto posto, compreende-se que o balanceamento é a relação entre as capacidades declaradas e a demanda que, nesse estudo, é a quantidade de aeronaves que requisitam os serviços do sistema ATM num dado período de tempo.

> "O número de aeronaves ao qual é proporcionado um serviço ATC não deverá exceder aquele que possa ser atendido, de forma segura, pelo órgão ATC responsável em situações rotineiras. Para definir o número máximo de voos que podem ser conduzidos com segurança, **as autoridades do Controle do Espaço Aéreo e da Aviação Civil deverão avaliar e declarar**, respectivamente: a) **a capacidade ATC com respeito a áreas de controle e setores de controle**; e b) **a capacidade aeroportuária**" (BRASIL, 2018a, p.20, grifo nosso).

As Capacidades Declaradas de Setor ATC e a Aeroportuária levam em consideração, principalmente, a climatologia e o nível de atraso esperado. No Brasil, compete ao Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA) declarar a Capacidade de Setor ATC e a Capacidade do Sistema de Pistas, enquanto que é de responsabilidade da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) a declaração da Capacidade Aeroportuária.

Sobre as capacidades declaradas, cabem alguns esclarecimentos. Conceitualmente, a capacidade aeroportuária é definida como uma "Medida de capacidade de processamento dos componentes aeroportuários críticos (pista, pátio ou terminal), podendo envolver pessoas, aeronaves, bagagens ou carga" (BRASIL, 2018a, p.11). No entanto, embora a ANAC seja responsável pela divulgação desta capacidade, o cálculo da capacidade do sistema de pista fica a cargo do CGNA, órgão que desenvolveu a metodologia do cálculo em questão. A capacidade de setor ATC, por sua vez, é definida como:

> "Número de aeronaves dentro de uma porção específica do espaço aéreo, em um dado período de tempo, levando-se em conta as condições meteorológicas, a configuração do órgão ATC, o efetivo operacional e os equipamentos disponíveis, bem como quaisquer outros fatores que possam afetar a carga de trabalho do controlador responsável pelo espaço aéreo" (BRASIL, 2018a, p.11).

Este trabalho aborda mais detalhadamente sobre a demanda de tráfego aéreo, principalmente no tocante à identificação dos fatores mais relevantes que atuam, direta ou indiretamente, no seu comportamento.

3.2 A Navegação Aérea Brasileira

No Brasil, o Sistema ATM corresponde ao SISCEAB (Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro), cujo DECEA é a instituição central, responsável por prover os serviços de tráfego aéreo, comunicação e vigilância no espaço aéreo sob jurisdição do Brasil, totalizando 22 milhões de km^2, sendo 8,5 milhões de km^2 sobre a área continental e 13,5 milhões de km^2 sobre o Oceano Atlântico (BRASIL, 2018).

> A instituição DECEA, órgão central do SISCEAB, engloba atividades diversas, de alto grau de especialização, sendo a única organização brasileira detentora de *expertise* e tecnologia necessários à consecução integral dos complexos procedimentos relacionados ao controle, à defesa e à manutenção permanente da soberania do espaço aéreo do País, inclusive daqueles operados por outras organizações do COMAER[16] (BRASIL, 2016, p. 14).

Alinhado ao Conceito Operacional ATM Global da ICAO, o Sistema ATM nacional, o SISCEAB, segue os moldes do Sistema ATM Global, integrado pelos componentes principais, descritos no item 3.6 da Diretriz do Comando da Aeronáutica 351-2, acerca da Concepção Operacional ATM Nacional (BRASIL, 2011). Dentre os componentes especificados na DCA 351-2, está o Balanceamento entre Demanda e a Capacidade (DCB), cuja demanda é o foco principal dessa pesquisa.

Subordinado ao Comando da Aeronáutica, o DECEA é a instituição responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, provedora dos serviços de navegação aérea que viabilizam os voos e a ordenação dos fluxos de tráfego aéreo no Brasil. Sua missão é “Contribuir para a garantia da soberania nacional, por meio do gerenciamento do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro” (BRASIL,

---

16 COMAER – Comando da Aeronáutica.

2020b). Para cumprir com suas atribuições, o DECEA conta com o apoio de outras quatorze organizações militares, responsáveis pela execução das atividades que materializam o cumprimento das metas e atribuições do Departamento, conforme apresentado na Figura 2: o Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER), os quatro Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA), o Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA), a Comissão de Implantação de Sistemas de Controle do Espaço Aéreo (CISCEA), o Primeiro Grupo de Comando e Controle (1º GCC), o Grupo Especial de Inspeção em Voo (GEIV), o Instituto de Cartografia da Aeronáutica (ICA), o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), a Junta de Julgamentos da Aeronáutica (JJAER), o Parque de Material de Eletrônica de Aeronáutica do Rio de Janeiro (PAME-RJ), e o Serviço Regional de Proteção ao Voo de São Paulo (SRPV-SP) (BRASIL, 2020e).

Figura 2 - Constituição do DECEA.

Fonte: Autor (2020)

Em conjunto com outras instituições externas ao Comando da Aeronáutica, mas pertencentes ao setor aeronáutico, as organizações citadas trabalham para oferecer a sociedade, uma navegação aérea segura, harmoniosa e com fluidez.

Segundo a ANAC, o conceito de navegação aérea refere-se ao “Método de navegação que permite a operação de uma aeronave em qualquer curso desejado dentro da área de abrangência dos sinais de um auxílio à navegação ou dentro das limitações da capacidade do sistema de navegação de bordo” (ANAC, 2020c).

Na prática, a navegação aérea é realizada com base em orientações de instrumentos e dispositivos que norteiam o voo das aeronaves, conforme as rotas, os procedimentos e os planos de voo pré-estabelecidos. Como dito anteriormente, no Brasil, o DECEA é o órgão responsável por prover os meios que orientam o percurso dos pilotos, sem os quais não seria possível o trânsito de um grande fluxo de tráfegos aéreos que ocorrem simultaneamente, sobretudo, no que se refere aos pousos e às decolagens dos aeroportos. Os sistemas e dispositivos que dão suporte à navegação aérea estão distribuídos de forma a cobrir toda a extensão territorial do país e contam com o auxílio de modernos recursos que propiciam à navegação orientada por sistemas de bordo e satélites como, por exemplo, a Navegação Baseada em Performance (PBN[17]) (BRASIL, 2020c).

3.3 Regras de Voo

Assim como em vários setores, o tráfego aéreo possui uma nomenclatura bem específica. Em meio a conceitos e siglas internacionais, existem algumas expressões que se misturam ao vocabulário popular, mas que, em geral, são pouco compreendidas pela maioria da população. É bastante comum ouvirmos nos noticiários matinais que certo aeroporto está “operando por instrumentos” ou “apenas em condições visuais”. E o que isso significa? Vamos entender um pouco melhor sobre esses conceitos.

---

17 PBN, do inglês, *Performance Based Navigation*

3.3.1 Regras de Voo Visual (VFR[18])

De forma resumida, os voos visuais acontecem quando o piloto da aeronave tem uma visualização total de tudo que está ao redor da aeronave. Nessa condição, o piloto consegue ter a visão completa das referências externas, como aeronaves, edifícios, estradas, morros, florestas, praias, rios, entre outros. Além disso, o piloto tem o controle da altitude do avião, e é de sua responsabilidade, manter uma distância segura dos obstáculos e de outras aeronaves.

Normalmente, os voos visuais são realizados por aeronaves de pequeno porte e ocorrem em altitudes de até 3 mil metros, onde é possível visualizar facilmente o solo. Embora os voos visuais não sejam controlados, em áreas onde os centros de controle atuam, o piloto pode entrar em contato com os órgãos de controle para obter informações gerais sobre condições meteorológicas, situação do aeroporto, entre outras.

3.3.2 Regras de Voo por Instrumento (IFR[19])

O voo por instrumento é realizado com base nos computadores de bordo localizados na aeronave. Nesse tipo de voo, o piloto segue fielmente os sofisticados equipamentos de bordo. Tais instrumentos, se comunicam com outros equipamentos localizados no solo ou em satélites que orientam a navegação das aeronaves no ar.

Tanto a aeronave quanto o piloto devem ser habilitados para realizarem o voo IFR. Diferente do voo visual, no voo IFR, o piloto não precisa ter a visualização completa ao redor da aeronave. Além de se guiar pelo computador de bordo, o piloto também recebe orientações dos órgãos de controle para manter a separação necessária de outras aeronaves e dos obstáculos adjacentes.

---

18 VFR, do inglês, *Visual Flight Rules*
19 IFR, do inglês, I*nstrument Flight Rules*

Como não dependem da visualização completa ao redor, os voos IFR podem ocorrer à noite ou até mesmo quando as condições meteorológicas estão degradadas.

3.4 A Estrutura do Espaço Aéreo

O espaço aéreo é toda área acima das terras e das águas de um país, no qual voam, entre outros objetos, aeronaves, drones, aves, balões. Em razão da sua imensidão, o espaço aéreo tem uma importante representatividade no território soberano de uma nação. Assim como nas áreas terrestres e marítimas, os países exercem soberania sobre seus espaços aéreos, controlando-os. Para viabilizar o acesso ao espaço aéreo, os países estabeleceram regulamentações internacionais através da ICAO com o intuito de definir as normas de utilização desses espaços e, principalmente, de garantir a segurança das operações.

O espaço aéreo brasileiro estende-se além de suas fronteiras. “Ultrapassa a área sobre seu território e alcança uma significativa parte do Oceano Atlântico, perfazendo um total de 22 milhões de km^2, sobre terra e mar” (BRASIL, 2020b).

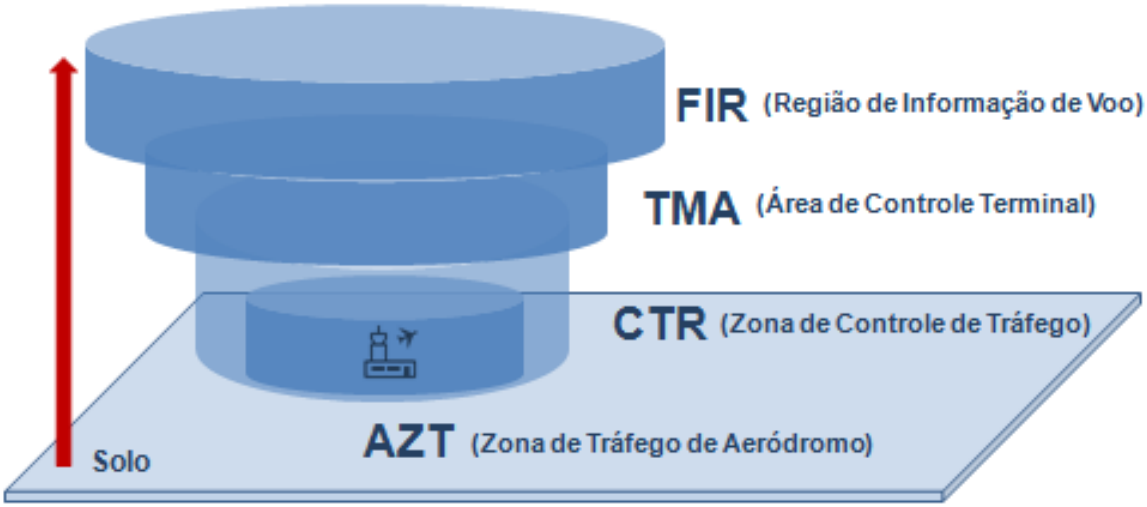
No âmbito dessa pesquisa, a estrutura do espaço aéreo trata-se do:

> “conjunto formado pelas trajetórias que guiam o perfil de voo das aeronaves através do espaço, bem como pelos limites (horizontais e verticais) das áreas e setores de espaço aéreo, que definem a prestação dos serviços e o órgão responsável pelo monitoramento e controle do tráfego.” (BENEDICTIS, 2020, p. 35).

A proposta de previsão de demanda dessa pesquisa relaciona-se diretamente com as estruturas do espaço aéreo que serão ilustradas na figura 3 e descritas nos itens abaixo, principalmente, quando nos referimos aos dados históricos para previsões de cenários futuros. Em outras palavras, cada área da estrutura do espaço

aéreo (FIR[20], TMA[21], CTR[22], AZT[23]) possui uma demanda específica e, por isso, deve ser tratada separadamente das demais áreas.

Figura 3 – Visão vertical da estrutura do espaço aéreo.



Fonte: Autor (2020)

O conceito de cada área será abordado nos itens a seguir.

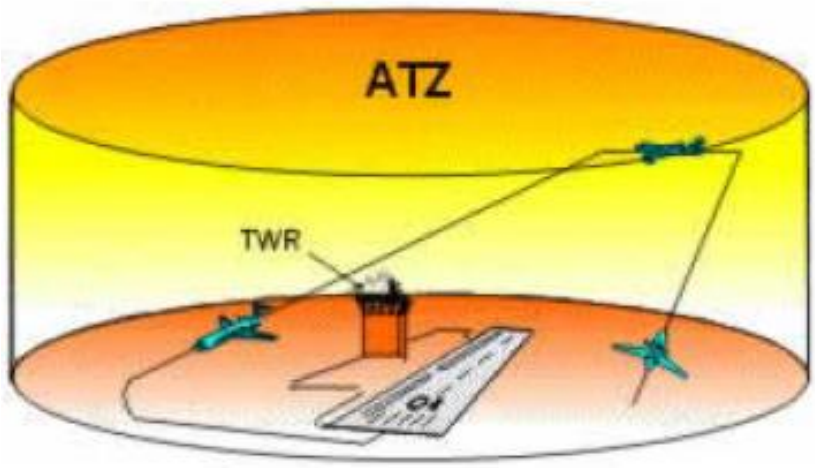
3.4.1 Zona de Tráfego de Aeródromo (AZT)

A Zona de Tráfego de Aeródromo é uma porção do espaço aéreo que possui dimensões definidas e estabelecidas ao redor de um aeródromo, cujos objetivos são definir um espaço aéreo controlado para tráfegos em procedimentos visuais (VFR) e proteger os voos que operam no circuito de tráfego e nas áreas de manobras do aeródromo. É uma área onde os controladores localizados na torre de controle conseguem estabelecer um contato visual com as aeronaves em regras de voo visuais

20 FIR, do inglês, *Flight Information Region*.
21 TMA, do inglês, *Terminal Control Area*
22 CTR, do inglês, *Control Zone*.
23 AZT, do inglês, *Aerodrome Traffic Zone*

para pousos e decolagens. Sua configuração é variável entre 2 e 5 milhas náuticas[24] (NM[25]) de limite lateral. A torre de controle (TWR[26]) do aeródromo é o órgão de controle responsável pela AZT (ITA, 2009).

Figura 4 – Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ).



Fonte: BRASIL (2009)

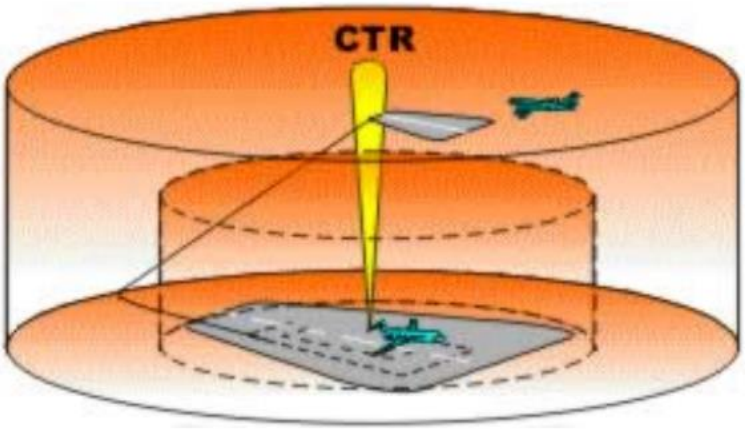
3.4.2 Zona de Controle de Tráfego (CTR)

A CTR é uma parte do espaço aéreo que engloba um ou mais aeródromos próximos e contém as trajetórias dos procedimentos de chegadas e partidas das aeronaves utilizando a regra de voo por instrumentos (IFR). Em geral, possui uma forma cilíndrica, com altitude variável tendo o solo como base. O APP[27] (Controle de Aproximação) é o órgão de controle responsável por esta área.

---

24 2 e 5 milhas náuticas correspondem a 3,7 e 9,3 quilômetros, respectivamente.
25 NM, do inglês, *Nautical Miles*.
26 TWR, do inglês, *Tower*.
27 APP, do inglês, *Approach Control*.

Figura 5 – Zona de Controle de Tráfego (CTR).

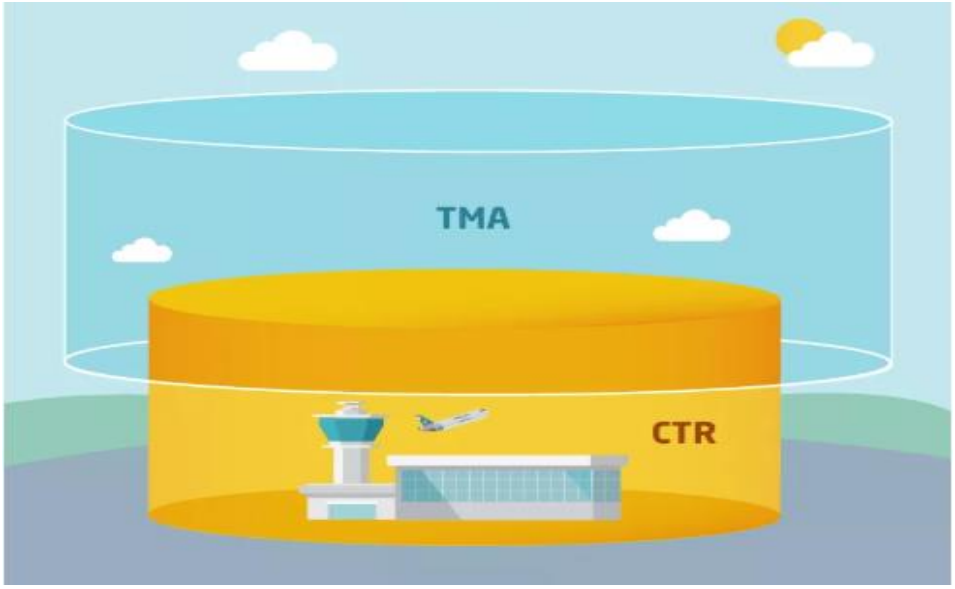


Fonte: BRASIL (2009)

3.4.3 Área de Controle Terminal (TMA)

A TMA é uma porção do espaço aéreo controlado, situada em localidades com alta densidade de tráfego aéreo, em geral, estabelecidas na confluência de rotas no entorno de um ou mais aeródromos. É um espaço maior que o de uma CTR, podendo conter uma ou mais CTR. Abrange todos os procedimentos de acessos às aerovias e aos aeródromos contidos nela, tanto nas chegadas, quanto nas partidas. Além de abarcar as subidas das aeronaves na decolagem e as aproximações para pouso, a TMA acolhe os sobrevoos de aeronaves que voam em baixa altitude na região. Sua configuração também é variável, geralmente entre 40 e 50 NM de limite lateral. Além de controlar as CTR, o APP é o órgão responsável pelo controle da TMA (BRASIL, 2020d), conforme mostra a figura 6.

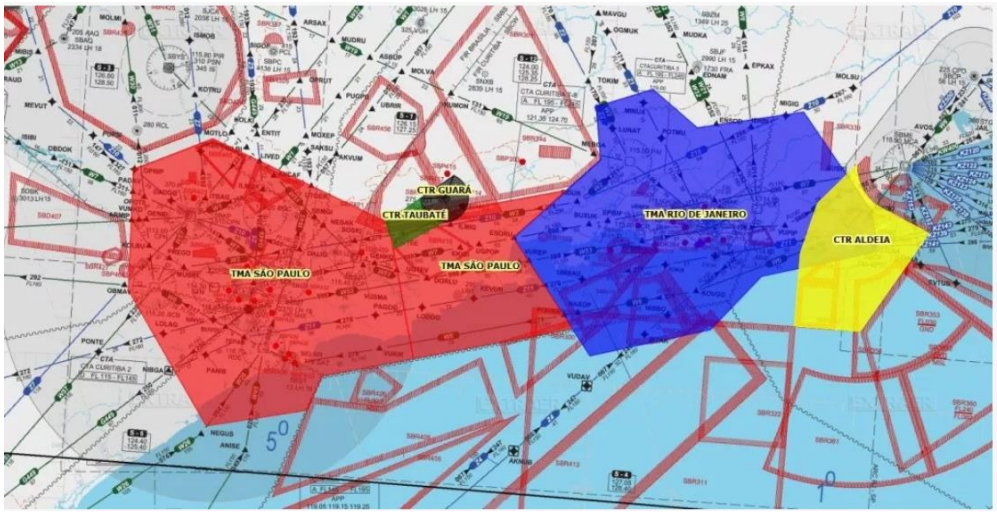
Figura 6 – Áreas de responsabilidade do APP.



Fonte: BRASIL (2020d)

A figura 7 ilustra duas das mais movimentadas TMA brasileiras, TMA-RJ e TMA-SP, em uma carta aeronáutica.

Figura 7 - TMAs e CTRs dos arredores do Rio de Janeiro e de São Paulo.



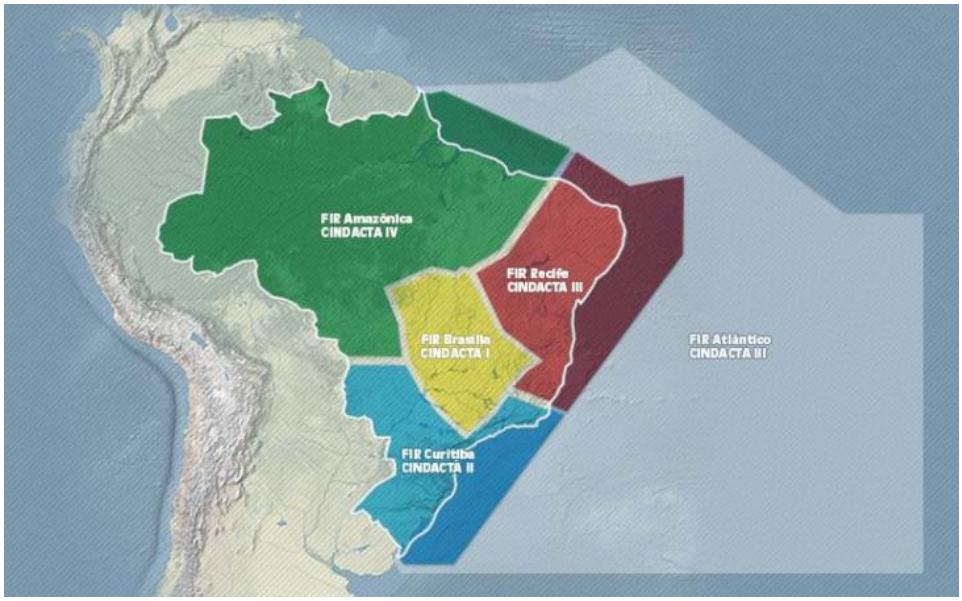
Fonte: BRASIL (2020d)

3.4.4 Região de Informação de Voo (FIR)

O espaço aéreo, no mundo inteiro, é divido em Regiões de Informação de Voo com dimensões definidas pela autoridade de controle de cada país. Estas regiões são espaços aéreos com limites laterais e verticais definidos, dentro dos quais são proporcionados serviços de informação de voo e alerta.

No Brasil, o espaço aéreo é dividido em cinco FIR: a FIR Amazônica que compreende a grande parte do espaço aéreo sobre a Floresta Amazônica, sob responsabilidade do CINDACTA[28] IV; a FIR Atlântico cujo espaço aéreo é sobrejacente ao Oceano Atlântico Sul, sob responsabilidade do CINDACTA III; a FIR Brasília que abrange ao espaço aéreo da região Central no Brasil, sob responsabilidade do CINDACTA I; a FIR Curitiba sobre o Sul do país e regiões adjacentes, sob responsabilidade do CINDACTA II; e por fim, a FIR Recife corresponde ao espaço aéreo sobre a região Nordeste, e juntamente com a FIR Atlântico, sob responsabilidade do CINDACTA III (Fig. 8).

Figura 8 - Regiões de Informação de Voo e de Defesa Aeroespaciais.



Fonte: BRASIL (2016)

28 CINDACTA – Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo.

4 A DEMANDA DE TRÁFEGO AÉREO

> “Dentre os modos de transporte, o aéreo, por suas capacidades de velocidade e de flexibilidade logística, a qual se caracteriza por sua condição de se deslocar em qualquer rota — de e para diferentes localidades, em qualquer momento —, vem merecendo a preferência de passageiros e dos despachantes de carga, sempre que os fatores acessibilidade e tempo são preponderantes”. (WASHINGTON, 2019, p. 13).

Neste capítulo será realizada uma análise da demanda de tráfego aéreo com o objetivo de entender suas principais características e comportamento. Discorre-se também sobre o tema da influência do cenário econômico no setor aeroviário com o propósito de identificar variáveis socioeconômicas que possam impactar na demanda de tráfego aéreo.

A vontade de voar, provavelmente, surgiu na humanidade assim que o homem passou a observar o voo das aves. Ao longo da história, existem vários relatos de tentativas frustradas de voos, onde o homem imaginava ser capaz de imitar o voo dos pássaros, seja com o uso de asas presas nos próprios braços ou dentro de engenhocas voadoras produzidas artesanalmente. Até hoje, “o sonho de ser um homem-pássaro permanece vivo nos corações e mentes de todas as crianças do mundo, que o levam consigo à sua vida adulta” (WASHINGTON, 2019, p. 12). O avião, sem dúvida, ajudou a acalmar o fascínio da humanidade pelo voo e pela velocidade nos ares.

Em contínua evolução tecnológica, a aviação se modernizou e se transformou numa espetacular ferramenta de aproximação dos povos. Além disso, desenvolveu um complexo mercado atraído pela possibilidade de se locomover, rapidamente, sob diversos obstáculos, reduzindo o tempo de deslocamento e encurtando distâncias. A esse mercado voraz pelos serviços aéreos que possibilita transportar passageiros e cargas a distâncias cada vez maiores, com rapidez, a qualquer hora do dia e da noite, daremos o nome de demanda.

Sabemos que desde a sua criação, o transporte aéreo sofreu evoluções em ritmo acelerado. Cumpre destacar que, além da sua relevante função na redução do

tempo de deslocamento, o transporte aéreo estimula o desenvolvimento econômico nas regiões integradas a sua rede de atuação. Salienta-se as características intrínsecas ao transporte aéreo como velocidade, segurança e autonomia para percorrer grandes distâncias, as quais contribuem para a disseminação do seu uso para a movimentação de cargas e pessoas.

O transporte de passageiros, cargas ou mala postal, regulares ou não, domésticos ou internacionais, contribui intensamente para geração de uma enorme diversidade de empregos indiretos e serviços prestados na localidade de atuação. Com isso, observa-se que o transporte aéreo tem participação relevante na economia dos países, destacando-se como um potencial vetor de desenvolvimento econômico, uma vez que promove à integração nacional e internacional, devido à sua elevada capacidade de conectividade entre regiões geográficas, países e continentes.

Na minha modesta opinião, em uma sociedade que necessita de agilidade e rapidez na condução das suas atividades, o transporte aéreo é um importante alicerce para competitividade econômica e para o desenvolvimento regional. Devido à complexidade do sistema de transporte aéreo, os efeitos gerados pelo desempenho do segmento sobre a economia podem ser diretos, ao estimular a atividade econômica que não haveria sem o transporte aéreo; ou podem ser indiretos, mediante a demanda por insumos de outros setores produtivos. É importante lembrarmos que, para além das viagens turísticas, o modal aéreo global também é extremamente consumido por centenas de milhares de empresas que o utilizam intensamente no deslocamento de funcionários, cargas e correspondências.

Economicamente, a demanda está relacionada aos consumidores e pode ser definida como a quantidade de certo bem ou serviço que estes consumidores desejam adquirir em determinado período de tempo. Essa relação entre demanda e consumidor depende de variáveis que influenciam a escolha do consumidor, como: o preço do bem ou serviço, o preço de outros bens, a renda do consumidor, a preferência do indivíduo. A Teoria da Demanda considera que a demanda do consumidor por bens e serviços muda de acordo com alterações no preço e também nas outras variáveis relevantes. Nesse sentido, a teoria estabelece que à medida que o preço de um bem ou serviço aumenta, os consumidores demandarão menos dele;

ou ao contrário, os consumidores demandam mais de um bem ou serviço quando seu preço cai (ALBUQUERQUE, 1986, p. 21-25).

No transporte aéreo, a dinâmica da oferta e da demanda funciona de maneira semelhante aos demais segmentos. Quanto maior o preço das passagens aéreas, menos demandado será o transporte aéreo. Nesse sentido, a economia exerce uma espécie de efeito dominó no transporte aéreo. Observe o seguinte exemplo: sabe-se que o petróleo é a matéria prima do combustível usado pelas aeronaves, conhecido como querosene de aviação (QAV). O preço do QAV está sujeito as variações do mercado e dos preços do petróleo e do Dólar. Em consequência dessas oscilações, o preço da passagem aérea é afetado. Por conseguinte, a demanda também será afetada.

Na busca por uma melhor compreensão do impacto da demanda de tráfego aéreo no universo da economia, e vice-versa, os próximos itens visitam, brevemente, os recentes cenários econômicos, global e nacional, investigando indícios de fatores que possam contribuir na identificação de variáveis socioeconômicas que, juntas, ajudam a explicar o comportamento da demanda pelo transporte aéreo.

4.1 Cenário global

A ICAO como agência especializada na navegação aérea global está sempre atenta aos fatos econômicos que possam impactar na aviação civil. Segundo a ICAO, antes da pandemia da COVID-19 (doença de rápida propagação causada pelo Coronavírus), o transporte aéreo tradicionalmente experimentava um crescimento maior do que a maioria das outras indústrias. A ICAO entende que o transporte aéreo está intimamente ligado ao desenvolvimento econômico; ao mesmo tempo que é considerado um motorista da economia. A instituição afirma ainda que a contribuição do transporte aéreo e das indústrias de aviação civil impactam as economias local, regional ou nacional, e que atuam como geradores de produtos, serviços e empregos, bem como são multiplicadores do efeito cascata sobre outras indústrias em toda a economia (ICAO, 2011).

As crises econômicas fazem parte da história das economias de mercado. O capitalismo sempre esteve marcado por crises econômicas que foram alvos de diferentes formas interpretativas, abarcando abordagens que veem as crises como anomalias ou que as consideram cíclicas e recorrentes.

> A crise econômica, independentemente da sua amplitude, significa, em última instância, uma ineficiência econômica. Embora os mercados competitivos funcionem teoricamente bem, na prática ocorrem falhas. Logo, o governo intervém na economia, porque os mercados não funcionam bem, distorcendo o processo de alocação de recursos (MENDES *et al*., 2015).

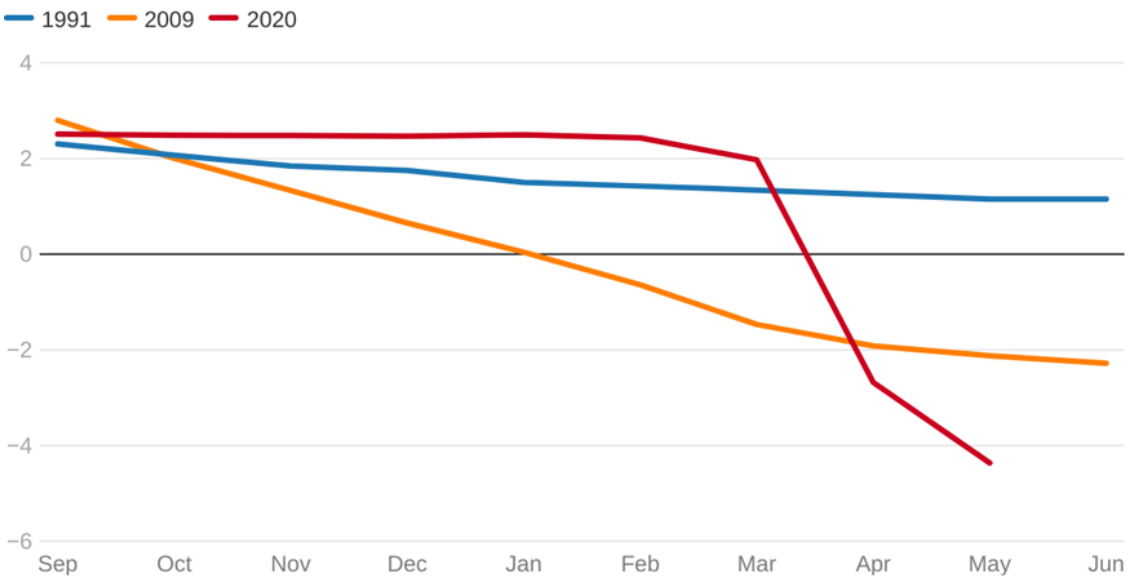
A mais recente crise econômica que ainda estamos vivendo foi causada pela pandemia da COVID-19. Assim como diversos setores da economia foram afetados, o transporte aéreo também sofreu, e ainda sofre, com os efeitos originados pela crise sanitária que assola o mundo desde o final de 2019. Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada):

> A pandemia da Covid-19 representou um choque profundo sobre a economia mundial, cujo alcance e consequências ainda são difíceis de vislumbrar. As medidas de isolamento social impactaram fortemente a oferta e a demanda por bens e serviços, desorganizando as relações de trabalho, produtivas, de comércio e de crédito. Os mercados financeiros reagiram derrubando as **bolsas de valores**, valorizando o **dólar** e desvalorizando as commodities – especialmente o **petróleo** – diante da expectativa de forte retração da atividade econômica (IPEA, 2020a, grifo nosso).

Sobre os impactos gerados pela pandemia na aviação civil, a ICAO afirma que: “A pandemia COVID-19 impactou profundamente as operações de transportadoras aéreas, aeroportos e prestadores de serviços de navegação aérea. As decisões tomadas hoje e nos próximos meses impactarão o futuro da indústria (ICAO, 2020). Sobre o mesmo tema, o Banco Mundial diz que: “A pandemia deverá levar a maioria dos países à recessão em 2020, com a renda per capita se contraindo na maior fração dos países em todo o mundo desde 1870” (WORLD BANK, 2020a).

O gráfico 1 apresenta uma projeção do GDP[29] (Produto Interno Bruto Mundial), enfatizando sua queda a partir de março de 2020.

Gráfico 1 - Previsões de consenso do GDP (porcentagem).



Setembro a dezembro mostram as previsões feitas no ano anterior, enquanto janeiro a junho mostram os dados do ano corrente.

Fonte: Consenso econômico – World Bank (2020a).

As referências dos parágrafos anteriores apontam indícios de que algumas variáveis refletem o impacto direto das crises economias que podem surgir a qualquer tempo, por diversos motivos. Vimos que a demanda de tráfego aéreo é impactada diretamente pela economia, acompanhando seu comportamento de alta ou de baixa. Em uma esfera global, as variáveis GDP, índices de bolsas de valores, preço médio do Dólar e preço médio do petróleo, aparecem como relevantes nessa análise.

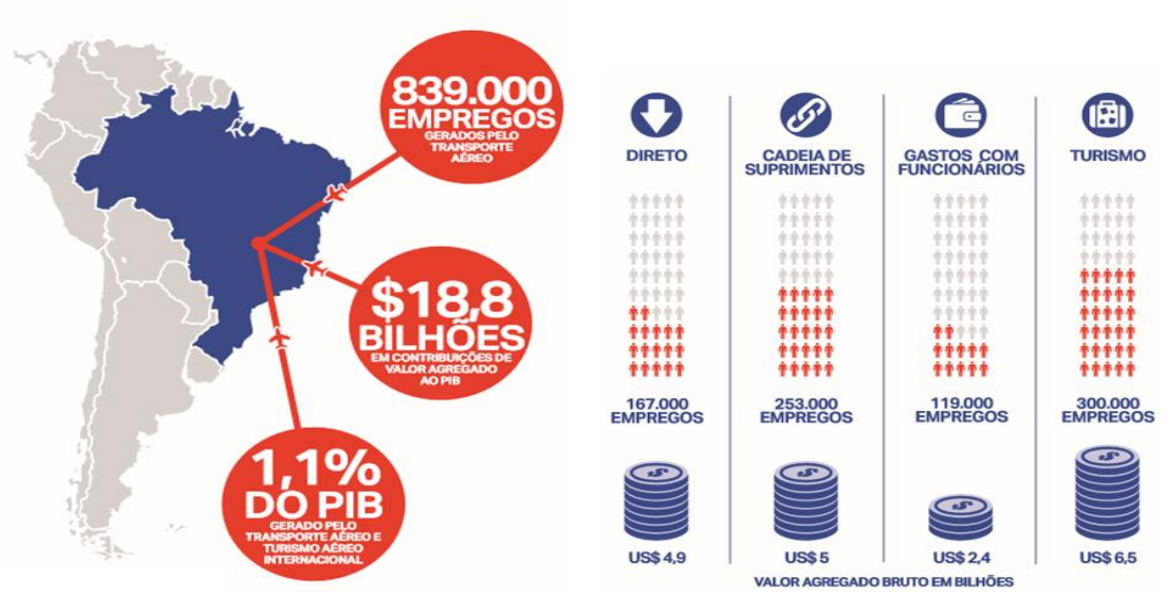
4.2 Cenário nacional

O modal aéreo brasileiro segue a mesma influência vista no cenário global, quando pensamos na relação entre a economia e o transporte aéreo. Um estudo

29 GDP, do inglês, *Gross Domestic Product.*

divulgado pela Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA[30]), sobre a importância do transporte aéreo para o Brasil, confirma que o setor gera principalmente empregos e consumo, conforme mostra a figura 9. Segundo a IATA, existem diversos métodos de medir o impacto do transporte aéreo na economia. “Todos oferecem uma perspectiva diferente, mas esclarecedora sobre a importância do transporte aéreo” (IATA, 2018). No entanto, a IATA faz essa avaliação através dos empregos e consumo gerados pelas empresas aéreas e sua cadeia de suprimentos. A Instituição também considera os fluxos de comércio, turismo e investimento por parte dos usuários de todas as companhias aéreas que operam no Brasil e as conexões entre os pares de cidades que tornam esses fluxos possíveis. A figura 9 apresenta os benefícios da aviação para economia brasileira, de acordo com os dados de 2017.

Figura 9 - Benefícios da aviação para economia brasileira (dados de 2017).



Fonte: IATA (2019)

Quando pensamos em economia, em geral, idealizamos um ou mais indicadores que representem a economia de um país. É muito comum, pensarmos no PIB (Produto Interno Bruto) como o principal termômetro da economia. O PIB é a soma

30 IATA, do inglês, *International Air Transport Association*.

de todos os bens e serviços produzidos em uma economia durante um certo período. Portanto, esse indicador ajuda a avaliar se a economia está crescendo e se o padrão de vida está melhorando. O PIB é considerado, por muitos, uma espécie de indicador síntese de uma economia.

Outro índice econômico que é diretamente impactado pelos serviços de transporte é o índice de inflação ao consumidor, o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Por meio da base de dados SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), é possível verificar através das desagregações dos índices de preços setoriais que o compõem, a representatividade dos transportes, serviço que apresentou uma variação mensal e acumulada positiva, assim como o maior peso na composição do IPCA, no mês de Janeiro de 2020, conforme dados do IBGE.

Figura 10 - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (janeiro de 2020).

Brasil - janeiro 2020			
Índice geral e grupos de produtos e serviços	Variação mensal (%)	Variação acumulada no ano (%)	Peso mensal (%)
Índice geral	0,21	0,21	100,0000
Alimentação e bebidas	0,39	0,39	19,3483
Habitação	0,55	0,55	15,5945
Artigos de residência	-0,07	-0,07	3,7529
Vestuário	-0,48	-0,48	4,5770
Transportes	0,32	0,32	20,5979
Saúde e cuidados pessoais	-0,32	-0,32	13,5334
Despesas pessoais	0,35	0,35	10,7330
Educação	0,16	0,16	6,1485
Comunicação	0,12	0,12	5,7146

Fonte: IBGE (2020a)

Apesar de falarmos até o momento sobre a influência das variáveis socioeconômicas, como por exemplo o PIB e o IPCA, a demanda pelo transporte aéreo também é bastante motivada por diversos outros fatores mais específicos do setor, como preço da passagem aérea, quantidade de aeroportos na localidade e opções de diferentes companhias aéreas nos aeroportos, por exemplo.

Outra questão que merece destaque na avaliação da demanda pelo transporte aéreo, é a ocorrência de eventos, sazonais ou não, que costumam atrair um público grande para as localidades onde são realizados. A exemplo disso, podemos citar os festejos culturais (Carnaval, festa Junina, Natal e *Réveillon*); eventos

esportivos e de entretenimento; além das férias escolares que costumam provocar uma onda de viagens turísticas.

No final do primeiro trimestre de 2020, a economia brasileira começou a sentir o forte impacto da pandemia da COVID-19, em diversos segmentos. Sobre o transporte aéreo, a ANAC divulgou que:

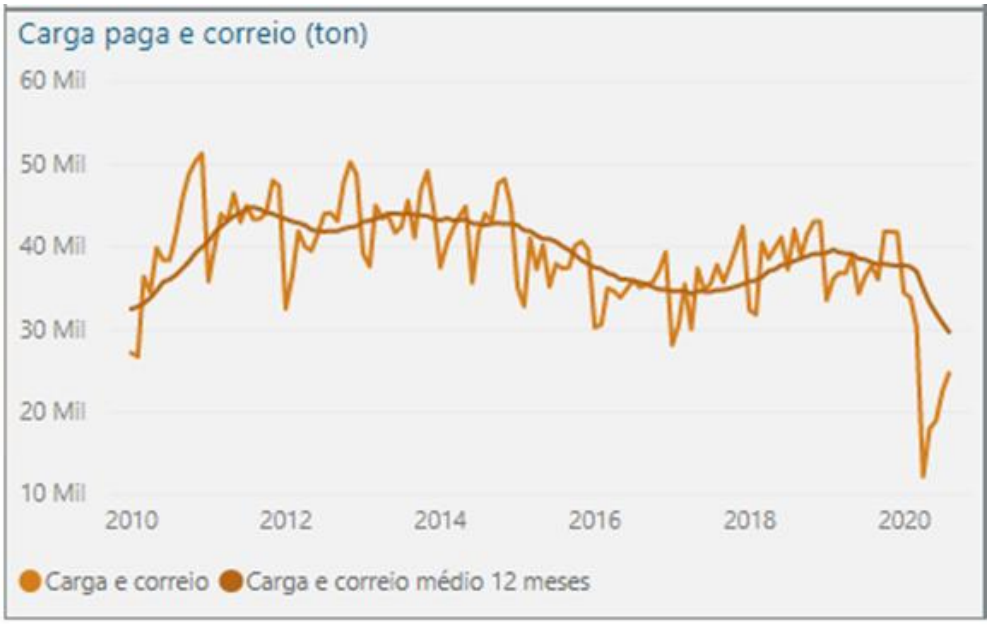
> Partindo de um cenário de crescimento em 2019, os principais indicadores do transporte aéreo brasileiro sofreram grande queda em 2020 pela pandemia mundial do novo Coronavírus. O cenário atual ainda é de forte retração na economia em todo mundo, em especial no setor de turismo e no mercado de transporte aéreo. Como um dos feitos causados no setor, em abril deste ano a quantidade de passageiros transportados foi aproximadamente 95% menor do que registrado no mesmo mês de 2019. Os dados de julho de 2020 mostram uma leve retomada, com quantidade de passageiros 81% menor na comparação com o ano anterior (ANAC, 2020b).

Os gráficos 2 e 3 apresentam a queda na demanda de passageiros, carga e correios no modal aéreo brasileiro, em 2020.

Gráfico 2 - Quantidade de passageiros pagos – Brasil – 2010 a 2020.

Fonte: ANAC (2020a)

Gráfico 3 - Toneladas de carga paga e correio – Brasil – 2010 a 2020.



Fonte: ANAC (2020a)

Conforme observado, a demanda de tráfego aéreo brasileiro também é afetada por crises economias, reforçando a hipótese de relação direta entre a economia e o transporte aéreo. Além do impacto das variáveis socioeconômicas, vimos que a demanda também sofre influência de variáveis características do setor de transporte aéreo.

Por fim, cabe destacar que na demanda pelo transporte aéreo brasileiro existem inúmeras variáveis a serem melhor entendidas e investigadas. Em trabalhos futuros, essa investigação poderá auxiliar e até propiciar políticas de fomento e melhor alocação dos recursos para investimentos no setor, em diversas localidades, dadas as diferentes realidades existentes na grande extensão do território nacional.

5 METODOLOGIA

Este capítulo tem por finalidade apresentar cada etapa da metodologia proposta para obtenção de um modelo de previsão de demanda de tráfego aéreo. O intuito é avaliar se o modelo final escolhido é aderente aos dados reais, ou seja, avaliar se os valores previstos pelo modelo final são próximos dos valores reais ocorridos. Para esse fim, é apresentada uma proposta do método em questão, utilizando como base técnicas estatísticas. Inicialmente, são apresentados os componentes da Estatística utilizados na metodologia proposta. Logo após, são apresentadas cada etapa do método, incluindo a análise das variáveis selecionadas para o estudo, observando o seu comportamento histórico e suas estatísticas descritivas. Ao longo da descrição das etapas, é exibido o banco de dados composto pelas variáveis.

Antes de iniciarmos a demonstração da metodologia, é importante lembrar que, nesse estudo, a demanda é a quantidade de aeronaves que tem a intenção de usar o espaço aéreo em determinada porção do espaço num determinado período de tempo. Conhecer essa demanda futura é o desejo de diversas áreas do setor aeroviário para fins de ajustar seus planejamentos estratégicos, operacionais e financeiros. Além disso, é preciso estar ciente de que o método de previsão aqui apresentado é apenas um primeiro passo para adentrar no mundo da demanda de tráfego aéreo que se modifica dinamicamente por diversos motivos, seja pelos reflexos da volatilidade da economia, ou até mesmo pelo avanço da tecnologia que, atualmente, possibilita a realização de reuniões, seminários e diversos outros encontros virtuais, sem a necessidade dos participantes saírem de casa.

5.1 Os componentes da Estatística

Existem diversas maneiras de fazer uma previsão de demanda. A escolha, muitas vezes, é determinada pela disponibilidade das bases de dados e pela confiabilidade na origem dos dados. Seja qual for o método escolhido, os dados utilizados devem ser auditáveis, os resultados devem ser compreensíveis e apresentados de tal forma que qualquer pessoa possa fazer seu próprio julgamento (KAZDA; CAVES, 2007, p.23).

Este estudo propõe a aplicação de uma metodologia simples que utiliza métodos estatísticos multivariados e econométricos, em particular a Regressão Linear Múltipla, para prever a demanda de aeronaves no espaço aéreo brasileiro.

A Análise Multivariada de Dados refere-se às técnicas estatísticas que analisam múltiplas medidas sobre indivíduos ou objetos sob investigação simultaneamente. Neste contexto, Hair et al. (2009, p. 23) definem que “qualquer análise simultânea de mais do que duas variáveis pode ser considerada, a princípio, como multivariada”. Segundo Fávero et al. (2009), as técnicas multivariadas exploratórias, também chamadas de técnicas de interdependência, podem ser utilizadas para estudar a relação entre variáveis inter-relacionadas.

A Econometria refere-se ao conjunto de ferramentas estatísticas com a finalidade de compreender a relação entre variáveis diversas, incluindo variáveis econômicas, através da aplicação de um modelo estatístico. Para Hill et al. (2003, p. 3), a Econometria “trata do uso da teoria e dados da economia, negócios e ciências sociais, juntamente com recursos da estatística, para responder a questões do tipo *quanto*”. Gujarati e Porter (2011, p. 767) dizem que “a previsão é uma parte importante da análise econométrica; para algumas pessoas, é provavelmente a mais importante”. No universo da Econometria, encontramos diversas técnicas que buscam definir um modelo econométrico consistente para previsão de demanda. Nesse contexto está a análise de regressão linear.

Para a obtenção do modelo econométrico, a metodologia aqui proposta utiliza o princípio da parcimônia, o qual opta por escolher um modelo de regressão o mais simples possível dentre os modelos, aproximadamente, equivalentes, tendo em vista que a simplicidade é um critério desejável.

Ao optar pela utilização de uma metodologia simples de previsão, concordo com Sull e Eisenhardt (2017, p. 14) que defendem a aplicação de regras simples como “diretrizes básicas que pessoas e organizações usam para tomar decisões e agir rápida e eficientemente”, mesmo diante da complexidade que envolve o problema em questão. Os autores afirmam que as regras simples são “atalhos que economizam

tempo e esforços ao nos fazer nos concentrar e simplificar a maneira como processamos as informações”. Assim:

> Em contraste com modelos complicados, regras simples concentram-se apenas nas variáveis mais críticas. Ao ignorar fatores periféricos e correlações tênues, regras básicas eliminam uma grande dose de ruído, o que acarreta decisões que funcionam razoavelmente bem uma ampla variedade de cenários (SULL; EISENHARDT, 2017, p. 48 e 49).

Ainda sobre o paradoxo entre a complexidade e a simplicidade, Sull e Eisenhardt (2017, p. 49) afirmam que:

> Estatísticos descobriram que modelos complicados fracassam consistentemente em superar em desempenho modelos simples na previsão de tendências econômicas, e a precisão de suas estimativas não melhorou com o passar do tempo. Quando se trata da modelagem de sistemas complexos, sofisticado nem sempre é sinônimo de eficaz (SULL; EISENHARDT, 2017, p. 48 e 49).

Além disso, as regras simples não são imutáveis. Elas podem sofrer evoluções à luz de novas evidências, alterações de objetivos e mudanças de condições (SULL; EISENHARDT, 2017, p. 25). Nesse sentido, a metodologia sugerida nesse estudo, poderá sofrer evoluções de acordo com transformações naturais que ocorrerão com o passar do tempo.

Outra questão que deve ser claramente compreendida é que num estudo de previsão de demanda, onde se usa a regressão linear múltipla, existem dois tipos de variáveis: as dependentes e as independentes. A variável dependente, também chamada de variável resposta ou objetivo, é aquela investigada que se deseja prever. As variáveis independentes, também chamadas de variáveis explicativas ou intervenientes, são aquelas que podem ter algum impacto na variável resposta, ou seja, quando sofrem alguma alteração, simultaneamente, modificam o comportamento da variável dependente. As variáveis podem ser entendidas como causa (variável independente) e efeito (variável dependente).

Nos modelos de regressão linear múltiplos é necessário determinar um conjunto de variáveis independentes que melhor explique a variável resposta, isto é,

dentre todas as variáveis explicativas disponíveis, deve ser encontrado um subconjunto de variáveis importantes para o modelo. A experiência do pesquisador no ramo é de grande valia na seleção desse conjunto. Nesse sentido, o pesquisador tem autonomia para escolher e testar as variáveis independentes que considerar importantes para o estudo.

5.1.1 Vericação das defasagens

Chama-se defasagem o valor do tempo passado de uma variável aleatória.

> Em economia, a dependência de uma variável *Y* (a variável independente) sobre outras variáveis *X* (a variável explanatória) raramente é imediata. Com muita frequência, *Y* responde a *X* com lapsos de tempo. Esse lapso é chamado de *defasagem*. (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 614).

A necessidade de defasar uma variável explicativa surge do fato de que pode levar algum tempo até que haja uma mudança na variável dependente devido a uma alteração na variável explicativa (TANEJA, 1978, p.118). Nesse sentido, em um modelo de regressão, é possível ter um valor defasado de uma variável como uma variável independente no modelo.

A defasagem, em geral, é denotada como *lag*, que significa atraso ou tempo passado. No caso da regressão, que veremos com mais detalhes a frente, a variável dependente pode ser afetada por suas variáveis independentes, não apenas no mesmo período de tempo em que se encontram, mas também nos períodos anteriores. Por exemplo, chamaremos o último período de tempo de uma variável de tempo *t*. O período imediatamente anterior ao tempo *t*, será o *t-1* (ou *lag1*). O período imediatamente anterior ao tempo *t-1*, será o *t-2* (ou *lag2*). E assim por diante.

Nesse estudo, para verificação da influência dos tempos passados das variáveis independentes na variável dependente, foram considerados os *lags* de 1 à 4 das variáveis macroeconômicas. Esse procedimento será detalhado na descrição da etapa 2 do método.

5.1.2 Correlação

A correlação é uma medida de associação linear entre duas variáveis, ou seja, refere-se ao grau de relacionamento entre a variável dependente e a variável independente, embora a correlação não implique em causalidade. Portanto, deve-se atentar para o fato de que a correlação linear simplesmente comprova uma variação concomitante entre duas variáveis, o que não significa, a priori, que uma é causa da outra.

Ao avaliar um grupo de variáveis, as correlações entre os pares de variáveis podem ser organizadas em uma matriz de correlações. Tal matriz é uma simples tabela de coeficientes de correlação. O grau de correlação é um conceito matemático que mede a relação entre variáveis e o que elas representam. Uma das formas de calcular a correlação linear é através do coeficiente de Pearson[31] (ρ) que possui duas propriedades peculiares sobre a relação entre duas variáveis. A primeira é a magnitude que varia entre -1 e +1; e a segunda é o sinal (+ ou -) (SILVA, 2004, p. 55).

> A correlação entre duas variáveis pode ser forte ou fraca. Quanto mais próximos de +1 ou -1, maior é a força da correlação, ao passo que quanto mais próximos de zero, mais fraca será a correlação. Pearson definiu ainda que a fronteira entre uma correlação forte e fraca é dada pelo valor ***ρ* = ± 0,70**. (SILVA, 2004, p.55).

O coeficiente de correlação de Pearson é calculado através da seguinte fórmula (1):

$$\rho = \frac{\sum_{i-1}^{n}(x_1-\acute{x})(y_1-\acute{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_1-\acute{x})^2}.\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_1-\acute{y})^2}} = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{var(X).var(Y)}} \qquad (1)$$

31 Karl Pearson foi o fundador do Departamento de Estatística Aplicada na *University College London* em 1911; foi o primeiro departamento universitário dedicado à estatística em todo o mundo. Em 1901, junto com Weldon e Galton fundou a revista Biometrika cujo objeto era o desenvolvimento da teoria estatística.

onde $x_1, x_2, \dots, x_n$ e $y_1, y_2, \dots, y_n$ são os valores medidos de ambas as variáveis. Além disso, $\acute{x}$ e $\acute{y}$ são as médias aritméticas de ambas as variáveis, cov é a covariância[32] das variáveis Xe Y, var é a variância[33] de cada variável.

5.1.3 Regressão Linear Múltipla

A Regressão Múltipla é uma técnica estatística que pode ser usada para analisar a relação entre uma única variável dependente (variável resposta) e várias variáveis independentes (variáveis explicativas).

> A análise de regressão diz respeito ao estudo da dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explanatórias, visando estimar e/ou prever o valor médio (da população) da primeira em termos dos valores conhecidos ou fixados (em amostragens repetidas) das segundas (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 39).

A finalidade da análise de regressão múltipla é usar as variáveis independentes cujos valores são conhecidos para prever os valores da variável dependente. Cada variável independente é ponderada pelo procedimento da análise de regressão para garantir máxima previsão a partir do conjunto de variáveis independentes. O conjunto de variáveis independentes ponderadas forma a variável estatística de regressão, que é uma combinação linear das variáveis independentes que melhor prevê a variável dependente.

A regressão múltipla pode ser definida como:

> Método de análise apropriado quando o problema de pesquisa envolve uma única variável dependente métrica considerada como relacionada a duas ou mais variáveis independentes métricas. O objetivo da análise de regressão múltipla é prever as mudanças na

---

32 Covariância – é uma medida de variabilidade conjunta de duas variáveis aleatórias.
33 Variância - medida de dispersão que mostra o quão distante cada valor de um conjunto está do valor médio. Quanto menor é a variância, mais próximos os valores estão da média; mas quanto maior ela é, mais os valores estão distantes da média.

> variável dependente como resposta a mudanças nas variáveis independentes. (HAIR et al., 2009, p. 33).

O modelo de Regressão Linear Múltipla é uma extensão do modelo de regressão linear simples. A principal diferença é que o modelo contém mais de uma variável explicativa (independente). A forma geral do modelo é mostrada na equação (2)

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \cdot \cdot \cdot + \beta_k X_k + \varepsilon \qquad (2)$$

onde Y é a variável dependente, X_k é k-ésima variável explicativa, $k = 2, 3, \ldots, K$, ε é o erro aleatório, e $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ são os parâmetros a serem estimados. Tal como na Regressão Linear Simples, ε tem média zero, variância constante e não é autocorrelacionado. Essas características serão brevemente explicadas alguns parágrafos a diante.

Nesse estudo, para estimar os parâmetros β do modelo de regressão, será utilizado o método *Stepwise*. Este método consiste em calcular uma sequência de equações de regressão, onde em cada equação, uma variável independente é adicionada ou excluída até que a previsão da variável dependente seja a mais significativa (TANEJA, 1978, p. 146). Segundo Fávero (2005, p. 134), “o método *Stepwise*, por um processo interativo, apresenta somente aquelas variáveis relevantes ao nível de confiança desejado”. Em outras palavras, o método *Stepwise* é baseado em um algoritmo que checa a importância das variáveis independentes, incluindo ou excluindo-as do modelo. Essa importância da variável é definida através de um coeficiente associado a cada variável dentro de cada modelo gerado.

Após a estimação do modelo de regressão, é recomendado verificar se as premissas do modelo são verdadeiras: o valor da média dos termos de erros tenha média zero, variância constante, autocorrelação nula e ausência de multicolinearidade. Para testar a primeira hipótese, supomos que o termo de erro siga a distribuição Normal com os valores da média e da variância mencionados, ou seja, supomos que $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

A autocorrelação pode ser definida como a correlação entre valores da mesma variável ordenados no tempo (como as séries temporais) ou no espaço (como nos dados de corte transversal). O modelo clássico de regressão linear pressupõe que o termo de erro relacionado a qualquer uma das observações não é influenciado pelo termo de erro de qualquer outra observação.

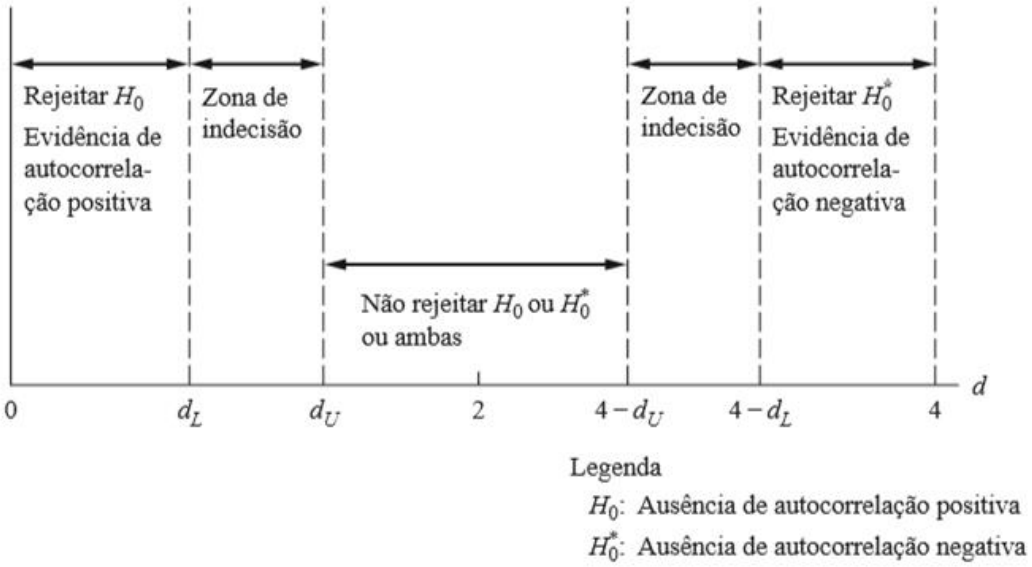
Para detectar a presença de autocorrelação, uma das formas é através do gráfico da análise de resíduos ao longo do tempo. Outra forma menos subjetiva de avaliar a presença de autocorrelação é através de testes de hipóteses, como o teste de *Durbin-Watson* para detecção serial de correlação. O teste baseia-se na razão das diferenças dos quadrados dos resíduos sob a hipótese nula de que não existe autocorrelação positiva/negativa. Nesse estudo, a verificação da existência da autocorrelação é realizada através do teste de *Durbin-Watson* (d). Além da estatística d calculada, este teste tem como parâmetros o limite inferior, d_L , e o limite superior, d_U, tabulados por *Durbin* e *Watson*[34], conforme o anexo A. Estes Estatísticos determinaram que:

> ... se o d calculado estiver fora desses valores críticos, pode-se tomar uma decisão a respeito da presença de correlação serial positiva ou negativa. Além disso, esses limites dependem apenas do número de observações n e do número de variáveis explanatórias, e não dos valores assumidos por essas variáveis. (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 436).

A figura 11 mostra que os limites de d são 0 e 4.

34 *Durbin* e *Watson* são os Estatísticos criadores do teste *Durbin-Watson*.

Figura 11 - Estatística *d* de *Durbin-Watson*.



Fonte: Gujarati e Porter, 2011, p. 436.

A significância das variáveis será testada através do teste *t-Student*. Este teste pretende analisar se as variáveis usadas no modelo estão realmente contribuindo para a estimativa da regressão.

A multicolinearidade refere-se a um problema, relativamente, comum nas regressões, onde algumas variáveis explicativas são altamente correlacionadas. Isso ocorre quando duas ou mais variáveis independentes medem praticamente a mesma coisa. Nesse caso, a correlação entre elas é quase perfeita ou perfeita, com coeficiente de correlação quase 1 ou exatamente 1, respectivamente. Uma forma simples de detectar multicolinearidade é utilizar a matriz de correlação para verificação dos coeficientes.

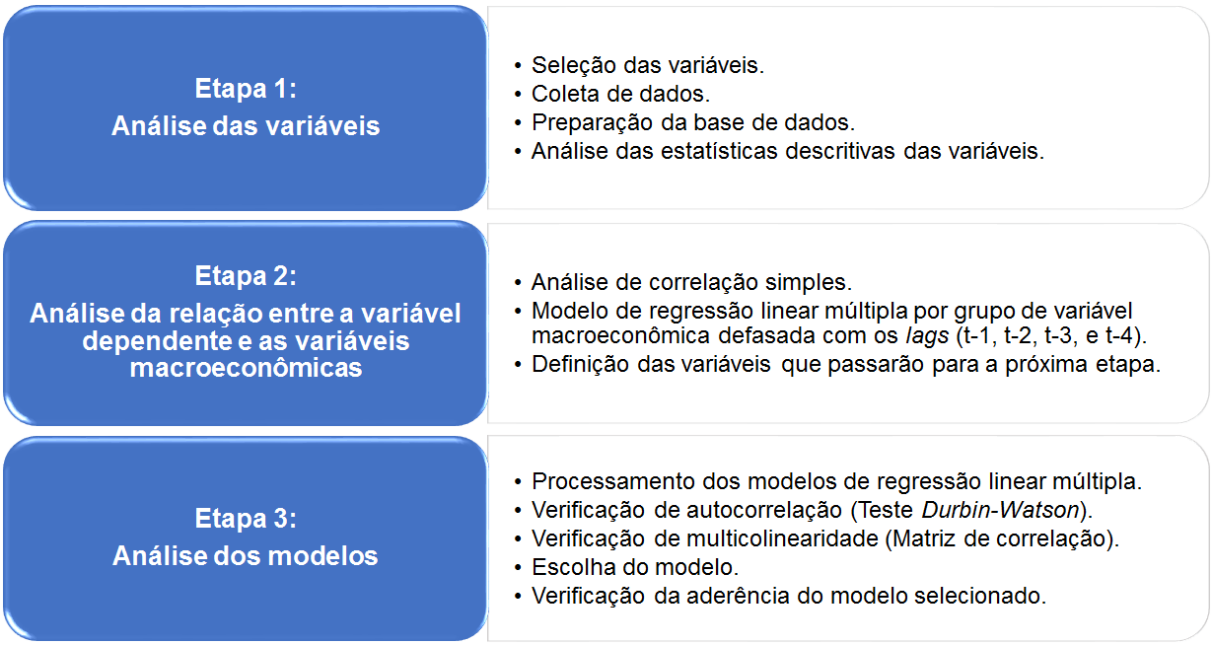
No uso das regressões é essencial que seja verificado o grau de explicação do comportamento da variável dependente em função das variáveis independentes, ou seja, quanto o comportamento das variáveis X explicam a variável Y. Isto normalmente é feito através do coeficiente de determinação R^2, que varia entre 0 e 1. Segundo Fávero et al. (2009), o coeficiente de determinação traduz a capacidade explicativa do modelo pesquisado.

5.2 Descrição do método

Já sabemos que existem diferentes métodos de previsão de demanda e que a escolha pode depender de diversos fatores, incluindo a disponibilidade dos dados e a confiabilidade das fontes dos dados. Sabemos também que, independentemente do método, os dados devem ser passíveis de auditoria, caso seja necessário, e que seus resultados devem ser claros para que sejam compreendidos por qualquer pessoa. Assim sendo, após a análise da demanda realizada no capítulo 6, o presente estudo propõe uma metodologia simples baseada em métodos estatísticos para obtenção de um modelo estatístico de previsão da demanda de aeronaves no espaço aéreo brasileiro. A intenção é apresentar um modelo simples, porém aderente aos valores reais já ocorridos. Nesse estudo, a aderência do modelo será verificada através da simples comparação entre os valores previstos pelo modelo e os valores reais ocorridos no passado.

A metodologia se desenvolve após intensa pesquisa, análise e seleção das variáveis. Para modelagem da previsão de demanda de tráfego aéreo, esse estudo propõe que sejam cumpridas as seguintes etapas: inicialmente, seja realizado um levantamento dos dados históricos para cada variável inserida no estudo, tanto da dependente, quanto das independentes. Em seguida, seja avaliado o comportamento de cada variável, analisando suas estatísticas descritivas. Posteriormente, seja analisado o grau de correlação entre a variável dependente e as variáveis independentes macroeconômicas com seus respectivos *lags* de 1 à 4. Logo após, seja executada a Regressão Linear Múltipla para verificação do *lag* indicado para representar a variável macroeconômica nos próximos passos. Logo após, é realizada a etapa de construção do modelo final, através da Regressão Linear Múltipla, para projeção final da variável dependente. O próximo passo é verificar a existência de autocorrelação e multicolinearidade. Para finalizar, serão aplicados os parâmetros previstos pelo modelo escolhido e comparados com os valores reais. A aplicação do método conta com o apoio de recursos computacionais existentes no pacote do software JASP. A Figura 12 apresenta o fluxo resumido da metodologia adotada para a previsão da demanda.

Figura 12 - Metodologia de previsão da demanda de tráfego aéreo no espaço aéreo brasileiro.



Fonte: Autor (2020)

5.3 Etapa 1: Análise das variáveis

Nessa pesquisa, para escolha das variáveis, foram considerados os cenários econômicos mundial e nacional. Além disso, a metodologia proposta foi testada considerando a Terminal São Paulo (TMA-SP) como estudo de caso. Vale ressaltar que foi uma preocupação utilizar variáveis de fontes confiáveis e, prioritariamente, de órgãos públicos. Outra preocupação foi relativa à periodicidade de divulgação das variáveis. Dessa forma, espera-se que a continuidade e confiabilidade dessa pesquisa não sejam comprometidas. Ademais, para padronizar a escala temporal, as frequências de algumas variáveis foram cuidadosamente consolidadas para apresentarem suas séries trimestrais, ou seja, todos os resultados são apresentados de acordo com os trimestres mesmo que suas fontes disponibilizem outras escalas, como por exemplo: diárias, semanais, mensais ou anuais.

A análise das variáveis inicia-se pela avaliação das estatísticas descritivas. De acordo com Fávero et al. (2009, p.51), “a estatística descritiva permite ao pesquisador uma melhor compreensão do comportamento dos dados por meio de

tabelas, gráficos e medidas-resumo, identificando tendências, variabilidade e valores atípicos". A ferramenta de análise dessas estatísticas foi o software JASP. Nesta análise, para cada variável, são observadas as seguintes estatísticas: a média (*mean*); o desvio padrão (*Std. Deviation*); assimetria (*Skeweness*); a curtose (*Kurtosis*); o valor mínimo da série (*Minimum*) e o valor máximo da série (*Maximum*).

Como se sabe, a média é o valor médio de uma distribuição. Ela é utilizada para representar todos os valores da distribuição.

O desvio padrão é a raiz quadrada da variância, significando a média das distâncias das observações em relação à média geral da variável. Portanto, respeitando a escala de cada variável, os casos onde observamos o desvio padrão com valores altos, indicam que a variável deve conter valores muito distantes da média. Da mesma maneira que se uma variável apresentar desvio padrão baixo, deve existir pouca variabilidade em torno da média.

A assimetria é uma medida de simetria da distribuição. Em geral, o desenho da distribuição é comparado ao desenho da distribuição Normal. Sobre esse formato:

> Uma distribuição positivamente assimétrica tem relativamente poucos valores grandes e uma cauda mais alongada à direita, e uma distribuição negativamente assimétrica tem relativamente poucos valores pequenos e uma cauda mais alongada à esquerda. Valores assimétricos fora do intervalo –1 a +1 indicam uma distribuição substancialmente assimétrica. (HAIR *et al.*, 2009, p. 50).

A curtose indica o quão achatado é o formato da distribuição. Sobre esse desenho, Hair et al. (2009, p.50) definem curtose como:

> Medida da elevação ou do achatamento de uma distribuição quando comparada com uma distribuição normal. Um valor positivo indica uma distribuição relativamente elevada, e um valor negativo indica uma distribuição relativamente achatada. (HAIR *et al.*, 2009, p. 50).

O valor mínimo de uma distribuição, como o próprio nome já diz, é o valor mais baixo da variável ao longo do período estudo. Ao contrário, o valor máximo, é o valor mais alto da variável.

As variáveis elencadas para o estudo são enumeradas a seguir:

VARIÁVEL DEPENDENTE:

1. TMA_SP - Movimento de Tráfego Aéreo na Terminal São Paulo

VARIÁVEIS INDEPENDENTES:

1. PIB - Produto Interno Bruto
2. GDP - Produto Interno Bruto Mundial
3. IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
4. DOLAR - Taxa de Câmbio Nominal do Dólar
5. IBOVESPA - Índice da Bolsa de Valores de São Paulo
6. PETROLEO - Preço Médio do Barril de Petróleo Bruto (WTI)
7. SBGR - Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos
8. SBSP - Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto de São Paulo/Congonhas
9. SBKP - Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas
10. SBGR_PASSAG - Número de Passageiros Pagos do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos
11. SBSP_PASSAG - Número de Passageiros Pagos do Aeroporto de São Paulo/Congonhas
12. SBKP_PASSAG - Número de Passageiros Pagos do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas
13. CIA_SBGR - Número de Companhias Aéreas no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos
14. CIA_SBSP - Número de Companhias Aéreas no Aeroporto de São Paulo/Congonhas
15. CIA_SBKP - Número de Companhias Aéreas no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas

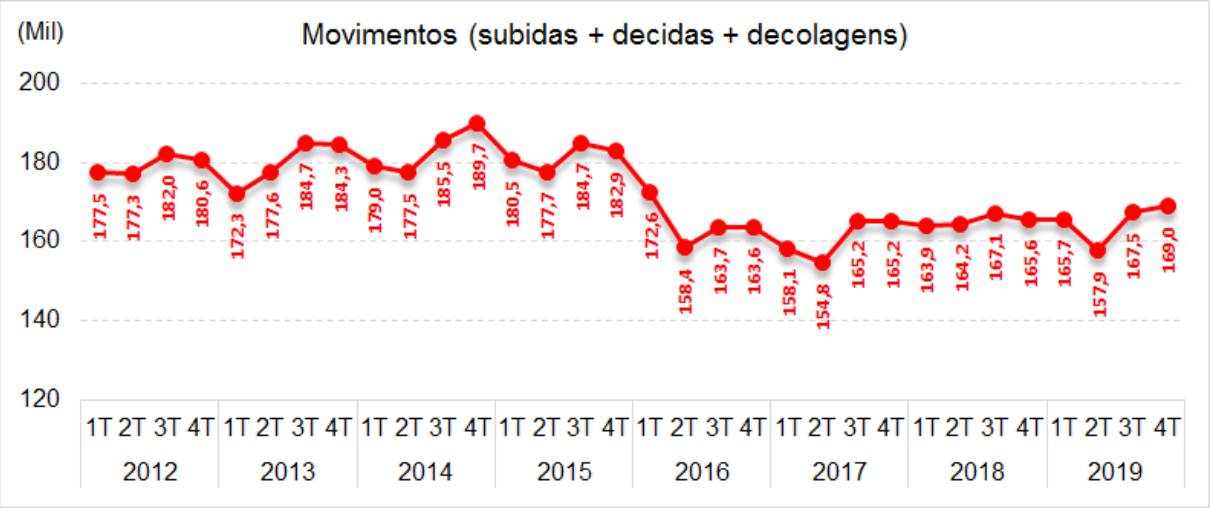
Todas as variáveis selecionadas para a pesquisa serão elucidadas nos itens abaixo.

5.3.1 Variável Dependente (Objetivo ou Resposta)

5.3.1.1 Movimento de Tráfego Aéreo na Terminal São Paulo (TMA-SP)

Esta variável trata do número de aeronaves que voaram na TMA-SP, incluindo todos os pousos, decolagens e sobrevoos, considerando todos os tipos de aviação (comercial, geral e militar). Os dados históricos são oriundos dos Anuários Estatísticos de Tráfego Aéreo, com frequência mensal entre 2012 e 2019, disponíveis no portal operacional do CGNA[35]. Para esta pesquisa, os dados mensais foram cuidadosamente compilados e transformados em dados trimestrais entre 2012 e 2019, conforme apresentados no gráfico 4. Tais dados englobam os fluxos domésticos e internacionais de aeronaves.

Gráfico 4 - Distribuição trimestral de aeronaves na TMA-SP, entre 2012 e 2019.



Fonte: Autor (2020)

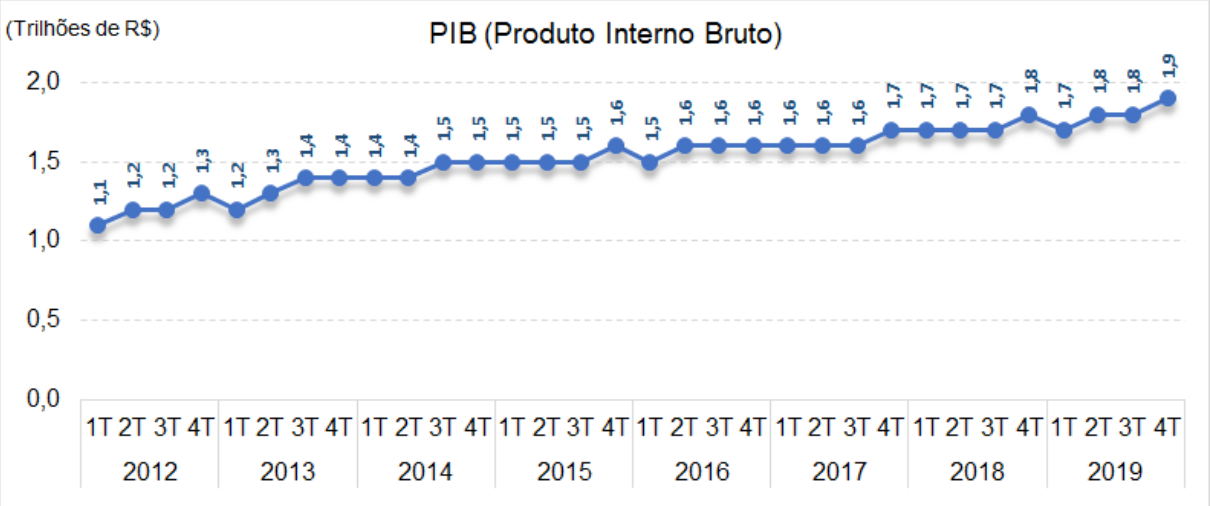
35 CGNA – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (http://portal.cgna.gov.br/)

5.3.2 Variáveis Independentes (Explicativas ou Intervenientes)

5.3.2.1 Produto Interno Bruto (PIB)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)[36], "O PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. Todos os países calculam o seu PIB nas suas respectivas moedas". O indicador econômico é calculado e divulgado pelo IBGE, com frequência trimestral[37] entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019 (gráfico 5).

Gráfico 5 - Distribuição trimestral do PBI em Trilhões de Reais, entre 2012 e 2019.



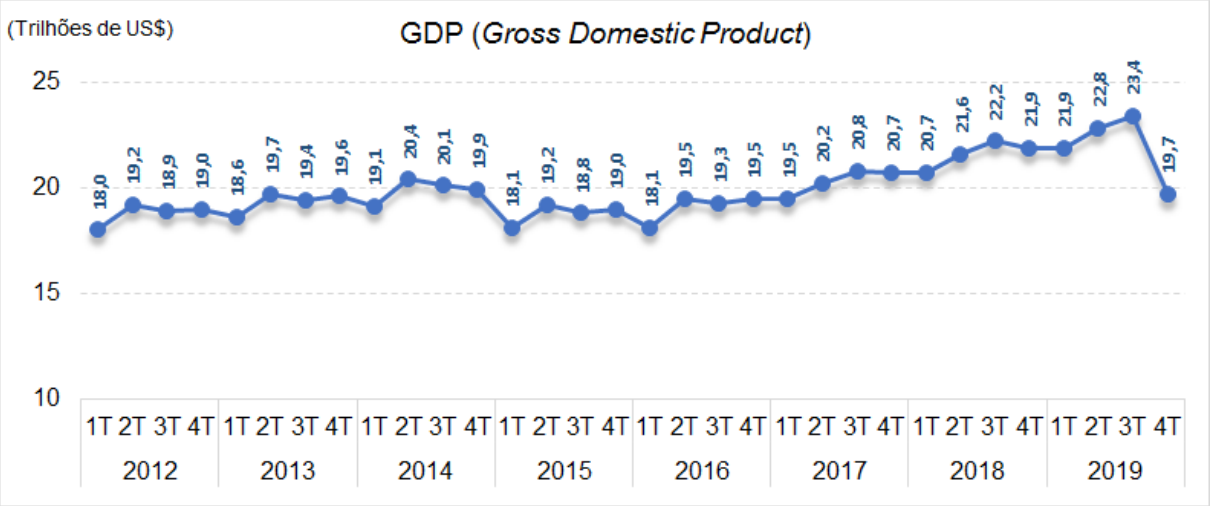
Fonte: Autor (2020)

36 Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php. Acessado em: 19 mai. 2020.
37 Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=pib#evolucao-pib. Acessado em: 26 mai. 2020.

5.3.2.2 Produto Interno Bruto Mundial (GDP)

O GDP é um indicador econômico global que consolida o valor total das riquezas geradas pelos países num determinado período de tempo. Nacionalmente, é equivalente ao PIB (Produto Interno Bruto), e comumente usado para medir a saúde da economia. A série histórica é divulgada do Banco Mundial[38], com frequência mensal. Para o presente estudo, os dados mensais foram transformados em dados trimestrais entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019 (gráfico 6).

Gráfico 6 - Distribuição trimestral do GDP em Trilhões de Dólares, entre 2012 e 2019.



Fonte: Autor (2020)

5.3.2.3 Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)

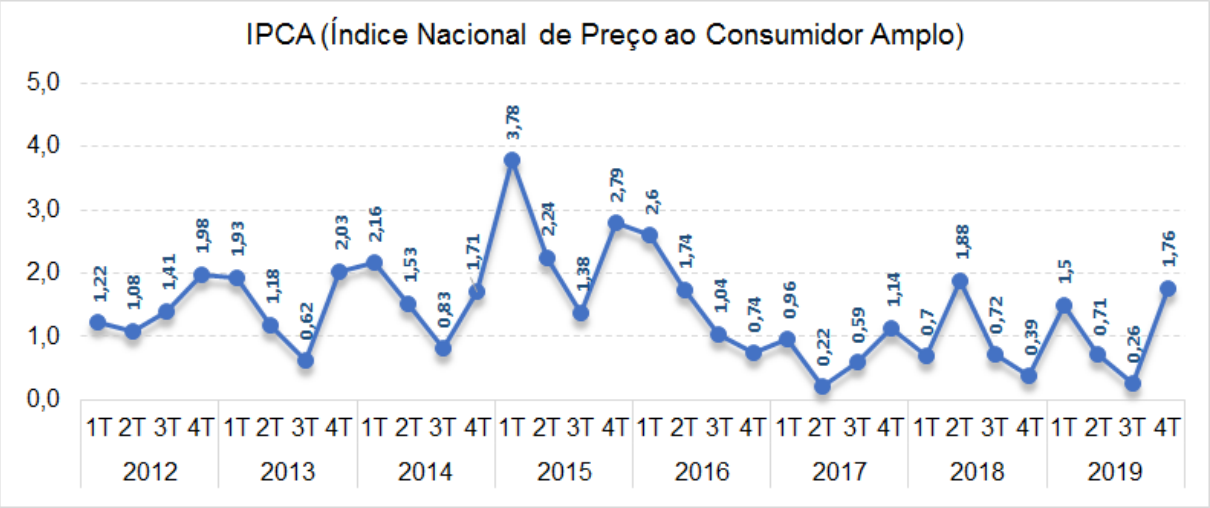
O IBGE é responsável pela produção contínua e sistemática do IPCA. Para o IBGE, esse indicador “tem por objetivo medir a inflação de um conjunto de produtos e serviços comercializados no varejo, referentes ao consumo pessoal das famílias”[39]. Esse índice é divulgado com frequência mensal. Nesta pesquisa, para padronizar a

---

38Banco Mundial. Disponível em: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD. Acessado em: 10 fev. 2020.
39 Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=o-que-e. Acessado em 19 mai. 2020.

escala das variáveis, esse indicador foi consolidado para apresentar resultados trimestrais entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019 (gráfico 7).

Gráfico 7 - Distribuição trimestral do IPCA, entre 2012 e 2019.



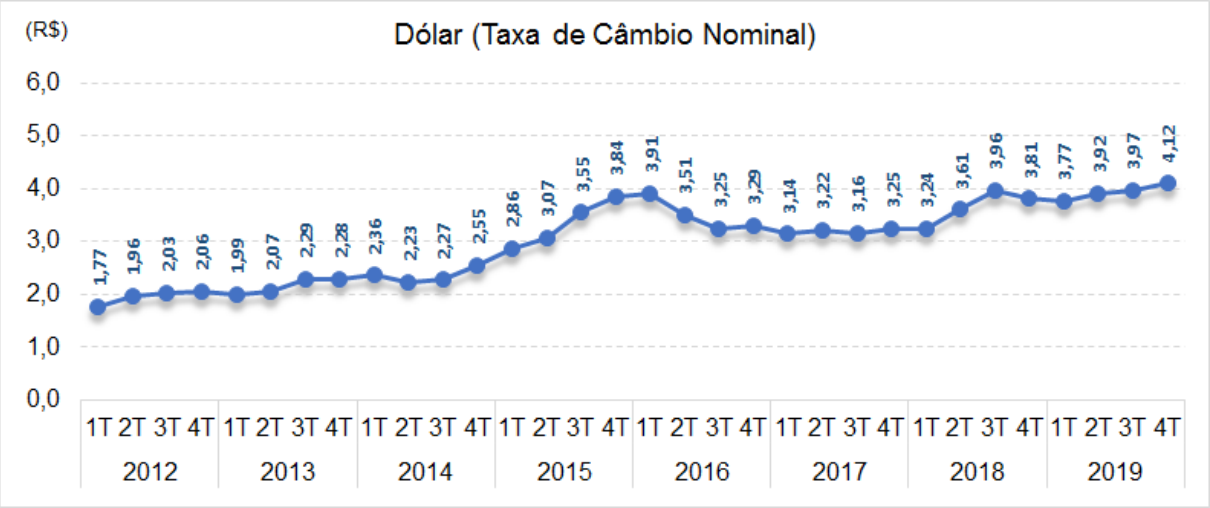
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.4 Taxa de Câmbio Nominal (Dólar)

A taxa de câmbio nominal representa a relação de troca entre unidades monetárias de países diferentes. Nesta pesquisa, esta variável é referente ao valor da venda do Dólar Comercial médio anual. Os dados históricos foram coletados no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)[40], com periodicidade mensal. No entanto, para ajuste e padronização da escala temporal das variáveis selecionadas para o estudo, este indicador foi representado através da média trimestral entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019 (gráfico 8).

40 Disponível em: http://ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?serid=38389. Acessado em 19 mai. 2020.

Gráfico 8 - Distribuição trimestral da Taxa de Câmbio Nominal (Valor do Dólar em Reais), entre 2012 e 2019.



Fonte: Autor (2020)

5.3.2.5 Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA)

Esta variável é um importante indicador financeiro que denota o desempenho das negociações ocorridas diariamente na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA). A BOVESPA define o IBOVESPA como:

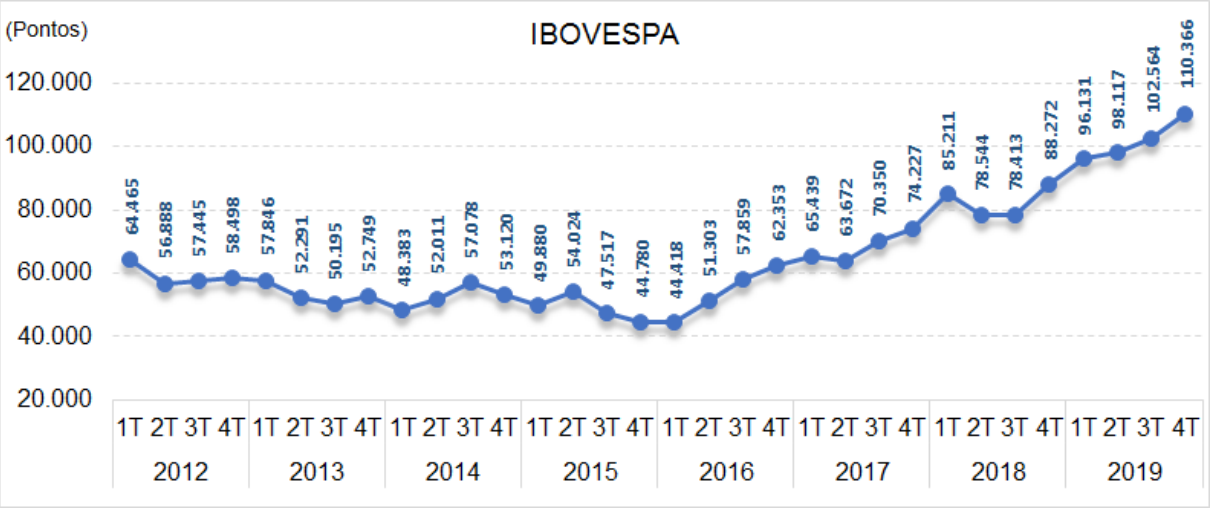
> "o principal indicador de desempenho das ações negociadas na B3[41] e reúne as empresas mais importantes do mercado de capitais brasileiro. Foi criado em 1968 e, ao longo desses 50 anos, consolidou-se como referência para investidores ao redor do mundo" (BOVESPA, 2020).

Os dados históricos foram coletados no site da *Investing*[42], com periodicidade mensal[43]. Assim como ocorridos com outras variáveis já citadas, para ajuste e padronização da escala temporal, este índice foi representado através da média de

41 B3 – Brasil, Bolsa, Balcão – referente à Bolsa de Valores de São Paulo.
42 Investing – referente a uma plataforma de mercados financeiros que oferece dados em tempo real, cotações, gráficos, ferramentas financeiras, notícias de última hora e análises cobrindo 250 bolsas mundiais.
43 Disponível em: https://br.investing.com/indices/bovespa-historical-data. Acessado em 31 ago. 2020.

cada trimestre entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019, conforme apresentado no gráfico 9.

Gráfico 9 - Distribuição trimestral do IBOVESPA, entre 2012 e 2019.



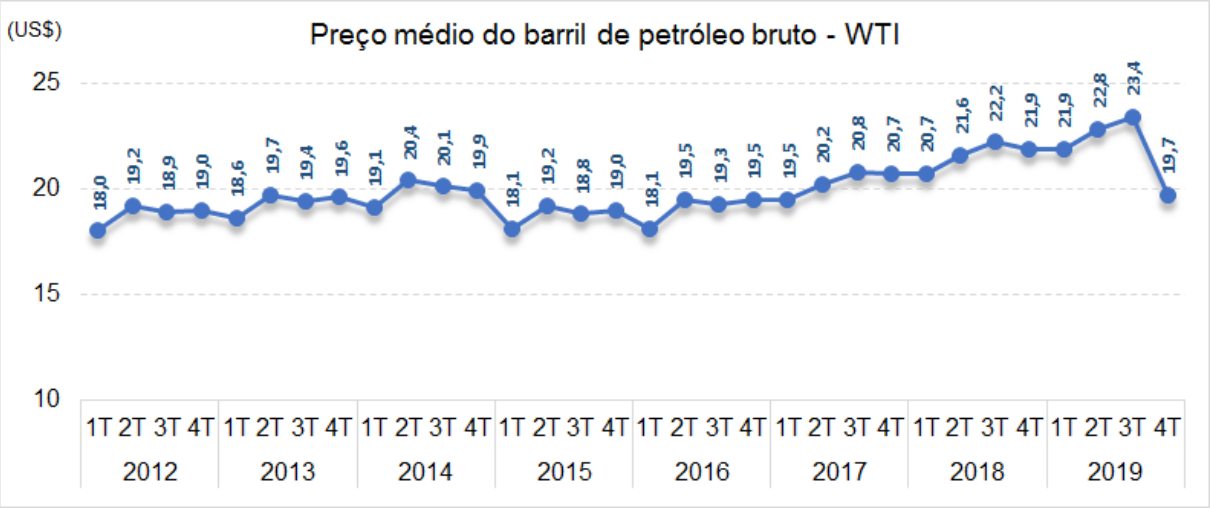
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.5 Preço Médio do Barril de Petróleo Bruto - WTI (PETROLEO)

Esta variável denota a cotação do petróleo WTI, indicando a origem do óleo e o mercado onde ele é negociado. O petróleo WTI tem o nome derivado de *West Texas Intermediate*. *West Texas* é a principal região petrolífera dos Estados Unidos, e o óleo WTI é aquele vendido pelos intermediários do *West Texas*. Negociado na Bolsa de Nova York, sua cotação é referência para o mercado norte-americano. A série histórica foi coletada no site do IPEA[44], com periodicidade diária. Para ajuste e padronização da escala temporal das variáveis selecionadas para o estudo, esta variável foi representada através da média trimestral entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019 (gráfico 10).

44 Disponível em: http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx. Acessado em 19 ago. 2020.

Gráfico 10 - Distribuição trimestral da preço médio do barril de petróleo bruto (em Dólares), entre 2012 e 2019.



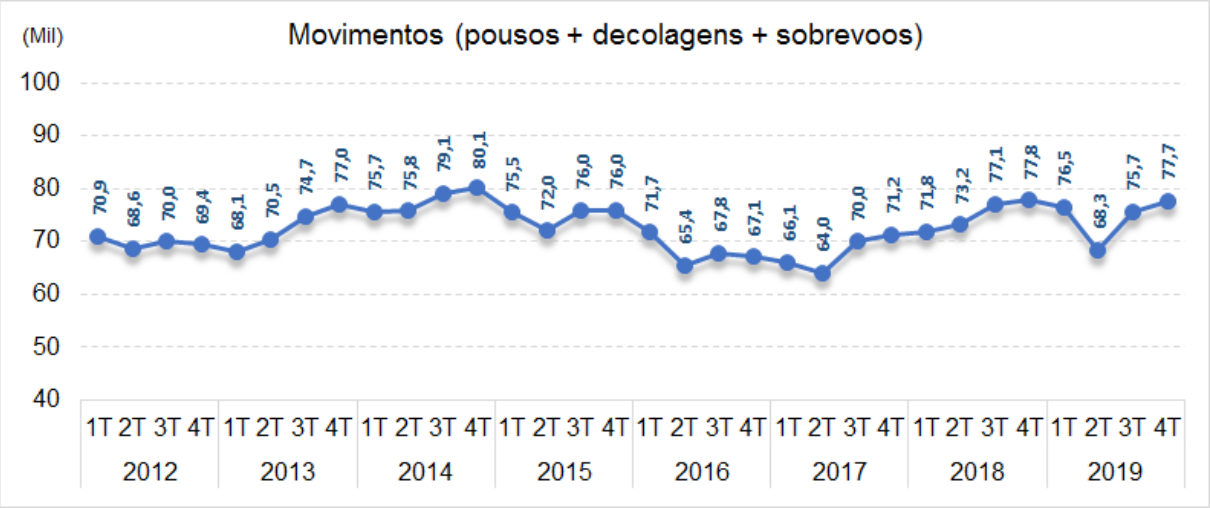
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.6 Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR)

Esta variável trata do número total de operações (pousos, decolagens e sobrevoos) no Aeroporto Internacional de São Paulo, localizado no município de Guarulhos-SP, considerando todos os tipos de aviação (comercial, geral e militar). Os dados históricos são oriundos dos Anuários Estatísticos de Tráfego Aéreo, com frequência mensal entre 2012 e 2019, disponíveis no portal operacional do CGNA[45]. Para esta pesquisa, os dados mensais foram cuidadosamente compilados em dados trimestrais entre 2012 e 2019 (gráfico 11). Tais dados englobam os fluxos domésticos e internacionais de aeronaves de passageiros e de carga.

45 CGNA – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (http://portal.cgna.gov.br/)

Gráfico 11 - Distribuição trimestral dos movimentos de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR), entre 2012 e 2019.



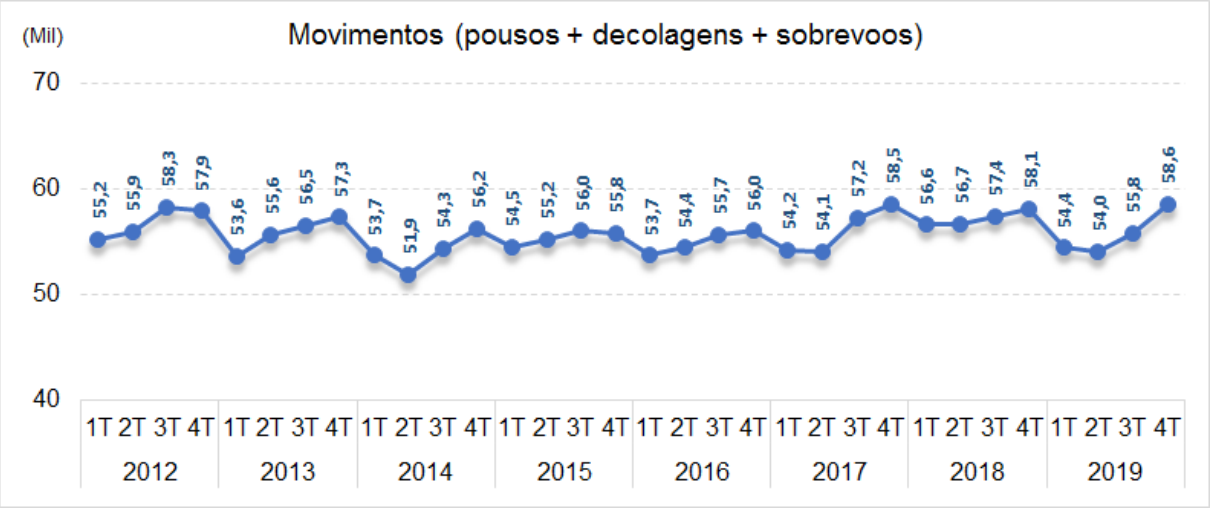
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.7 Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP)

Esta variável trata do número total de operações (pousos, decolagens e sobrevoos) no Aeroporto de São Paulo/Congonhas, localizado na capital paulista, considerando todos os tipos de aviação (comercial, geral e militar). Os dados históricos são oriundos dos Anuários Estatísticos de Tráfego Aéreo, com frequência mensal entre 2012 e 2019, disponíveis no portal operacional do CGNA[46]. Neste estudo, os dados mensais foram transformados em dados trimestrais entre 2012 e 2019, conforme apresentados no gráfico 12.

46 CGNA – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (http://portal.cgna.gov.br/)

Gráfico 12 - Distribuição trimestral dos movimentos de tráfego aéreo no Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP), entre 2012 e 2019.



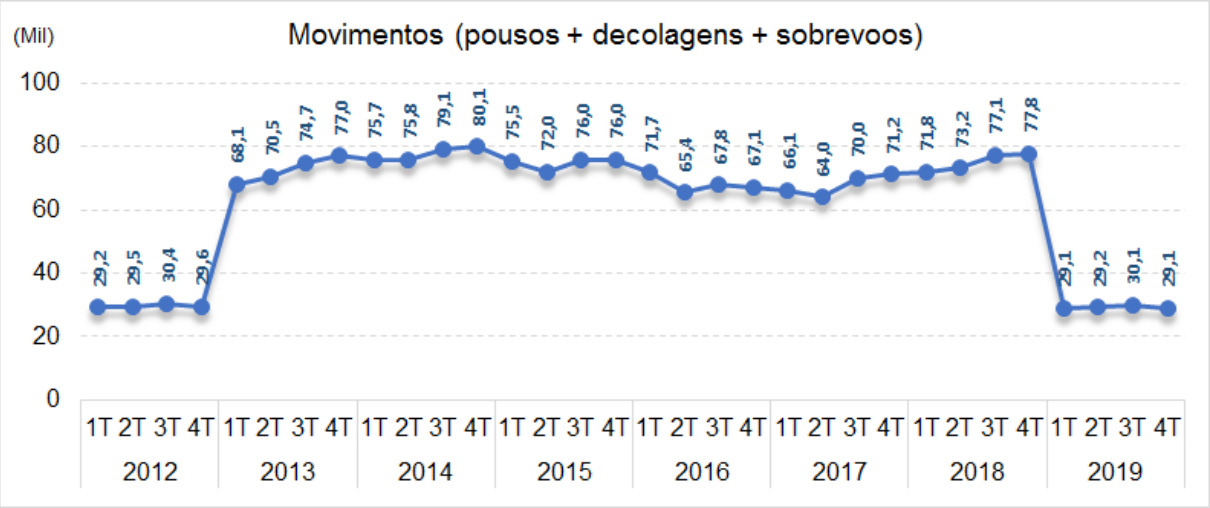
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.8 Movimento de Tráfego Aéreo no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP)

Esta variável trata do número total de operações (pousos, decolagens e sobrevoos) no Aeroporto Internacional de Viracopos, localizado em Campinas-SP, considerando todos os tipos de aviação (comercial, geral e militar). Os dados históricos são oriundos dos Anuários Estatísticos de Tráfego Aéreo, com frequência mensal entre 2012 e 2019, disponíveis no portal operacional do CGNA[47]. Para esta pesquisa, os dados mensais foram cuidadosamente consolidados em dados trimestrais entre 2012 e 2019 (gráfico 13). Tais dados englobam os fluxos domésticos e internacionais de aeronaves de passageiros e de carga.

47 CGNA – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (http://portal.cgna.gov.br/)

Gráfico 13 - Distribuição trimestral dos movimentos de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP), entre 2012 e 2019.



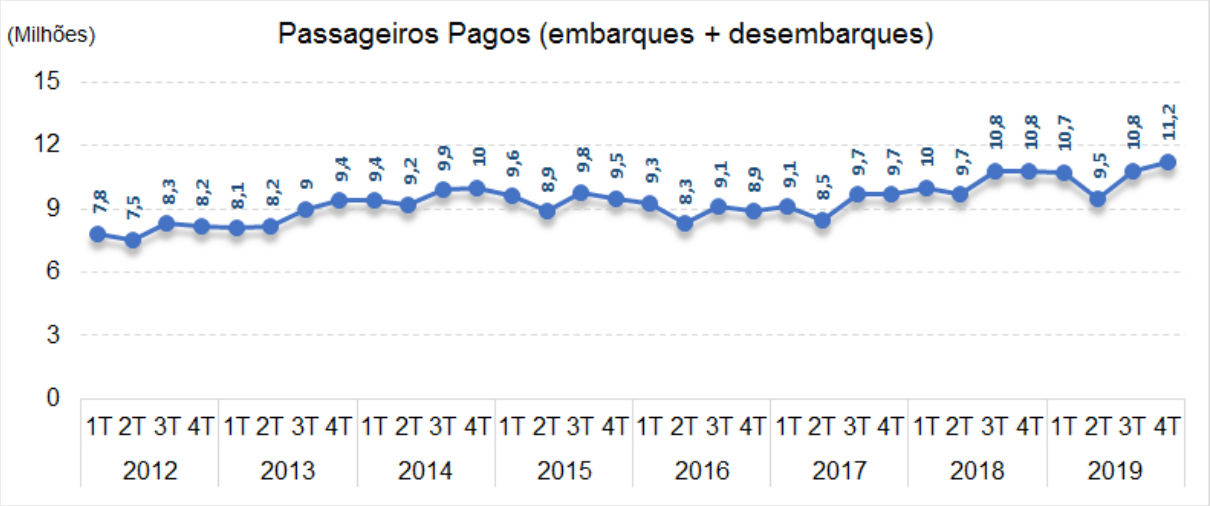
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.9 Número de Passageiros Pagos do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR_PASSAG)

Esta variável é referente ao número de passageiros pagos que embarcam e desembarcam no Aeroporto Internacional de São Paulo, localizado no município de Guarulhos-SP, considerando os fluxos doméstico e internacional. Os passageiros pagos se referem aos passageiros que efetivamente pagaram pela passagem aérea, ou seja, estão excluídos desse número, a tripulação e passageiros de “carona”. Os dados históricos são oriundos do Painel de Indicadores do Mercado de Transporte Aéreo da ANAC[48], com frequência mensal. No entanto, para manter a padronização da escala das demais variáveis, os dados mensais foram transformados em dados trimestrais entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019 (gráfico 14).

48 ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/consulta-interativa/demanda-e-oferta-origem-destino)

Gráfico 14 - Distribuição trimestral de passageiros pagos (embarque e desembarque) no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR_PASSAG), entre 2012 e 2019.



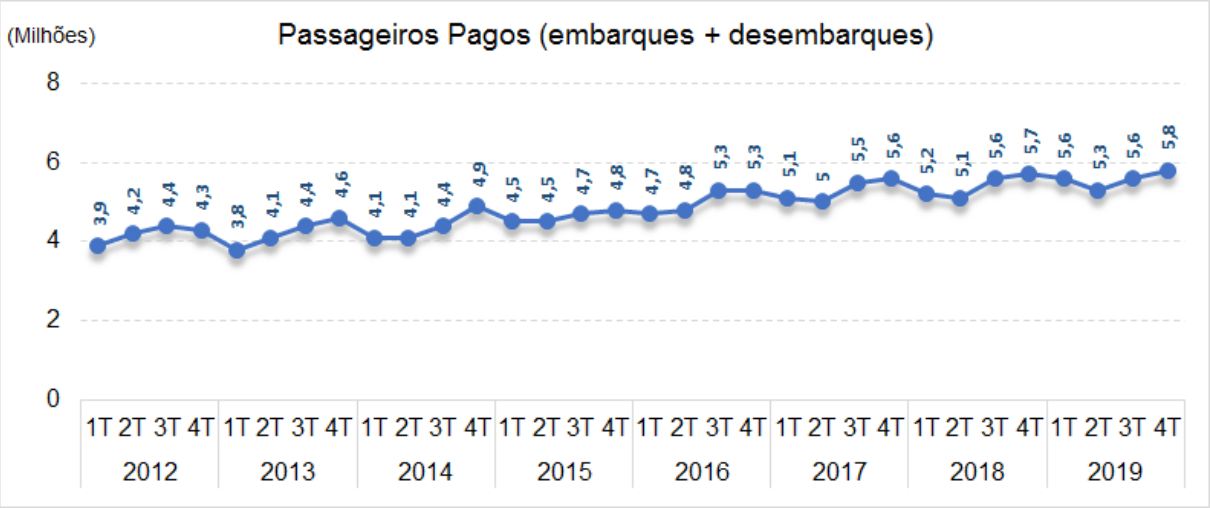
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.10 Número de Passageiros Pagos do Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP_PASSAG)

Esta variável é referente ao número de passageiros pagos que embarcam e desembarcam no Aeroporto de São Paulo/Congonhas, localizado na capital paulista. Como dito anteriormente, os passageiros pagos se referem aos passageiros que efetivamente pagaram pela passagem aérea, ou seja, estão excluídos desse número, a tripulação e passageiros de “carona”. Os dados históricos são oriundos do Painel de Indicadores do Mercado de Transporte Aéreo da ANAC[49], com frequência mensal. Para esta pesquisa, os dados mensais foram cuidadosamente compilados em dados trimestrais entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019, conforme apresentados no gráfico 15.

49 ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/consulta-interativa/demanda-e-oferta-origem-destino)

Gráfico 15 - Distribuição trimestral de passageiros pagos (embarque e desembarque) no Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP_PASSAG), entre 2012 e 2019.



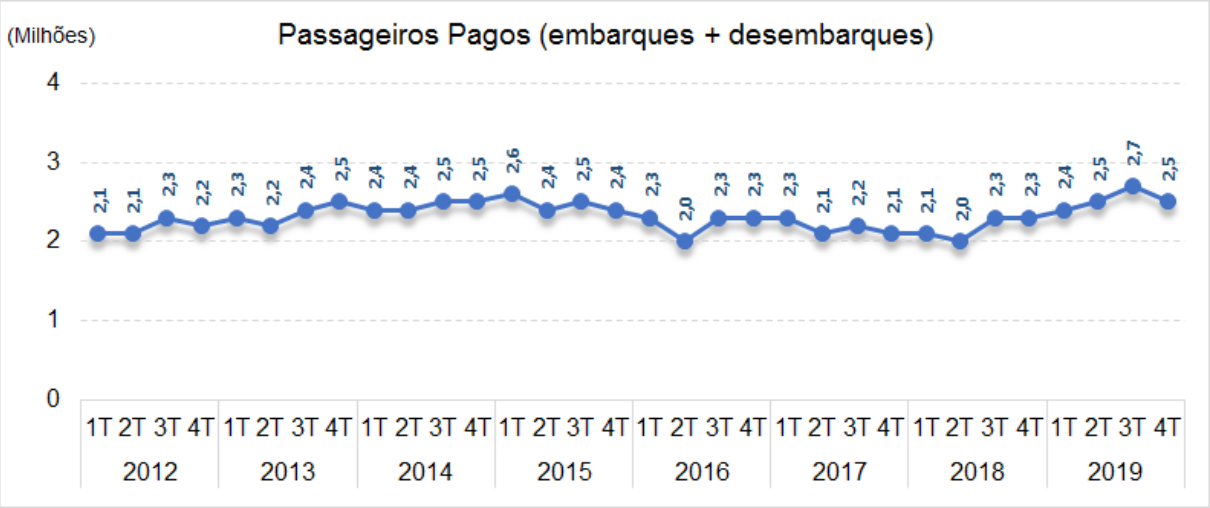
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.11 Número de Passageiros Pagos do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP_PASSAG)

Esta variável é referente ao número de passageiros pagos que embarcam e desembarcam no Aeroporto Internacional de Viracopos, localizado em Campinas, considerando os fluxos doméstico e internacional. Conforme esclarecido anteriormente, os passageiros pagos se referem aos passageiros que efetivamente pagaram pela passagem aérea, ou seja, estão excluídos desse número, a tripulação e passageiros de “carona”. Os dados históricos são oriundos do Painel de Indicadores do Mercado de Transporte Aéreo da ANAC[50], com frequência mensal. Nesse estudo, os dados mensais foram transformados em dados trimestrais entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019, conforme apresentados no gráfico 16.

50 ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/consulta-interativa/demanda-e-oferta-origem-destino)

Gráfico 16 - Distribuição trimestral de passageiros pagos (embarque e desembarque) no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP_PASSAG), entre 2012 e 2019.



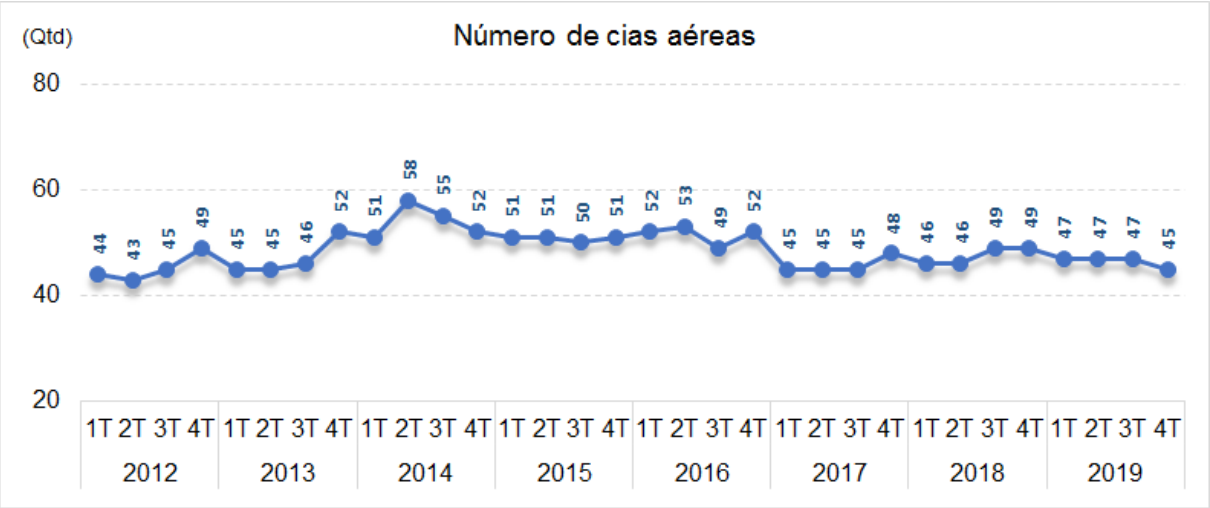
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.12 Número de Companhias Aéreas no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (CIA_SBGR)

Esta variável trata do número de companhias aéreas que alocam seus voos no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. A série histórica é divulgada pela ANAC[51], com periodicidade diária. Para padronizar os dados numa escala trimestral, foi realizada contagem das companhias que operaram no aeroporto dentro de cada trimestre, entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019, conforme mostra o gráfico 17.

51 Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos. Acessado em 19 ago. 2020.

Gráfico 17 - Distribuição trimestral do número de companhias aéreas do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (CIA_SBGR), entre 2012 e 2019.



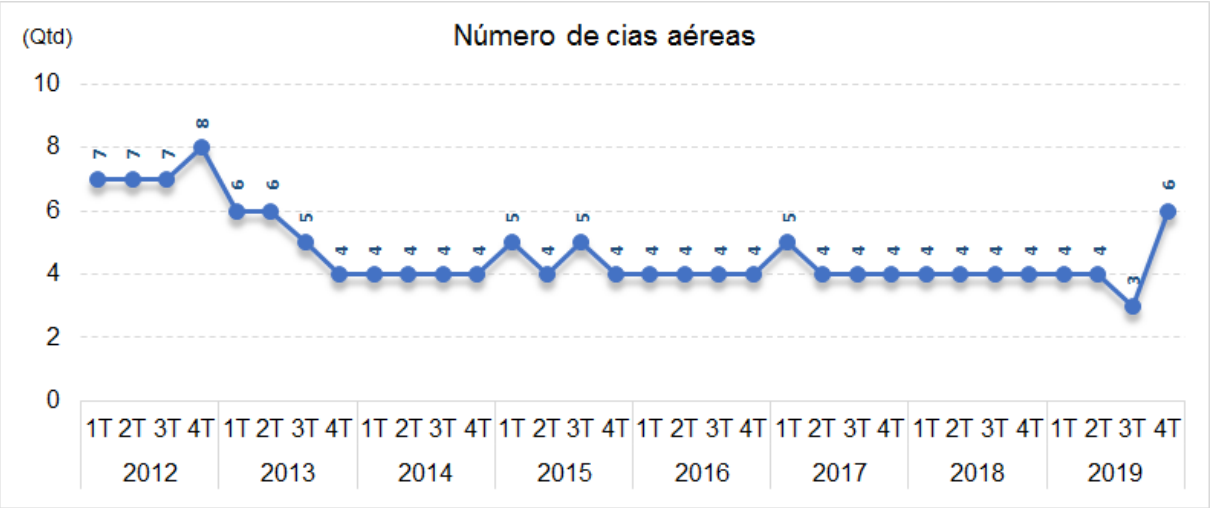
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.13 Número de Companhias Aéreas no Aeroporto de São Paulo/Congonhas (CIA_SBSP)

Esta variável trata do número de companhias aéreas que alocam seus voos no Aeroporto de São Paulo/Congonhas. A série histórica é divulgada pela ANAC[52], com periodicidade diária. Assim como no aeroporto anterior, para padronizar os dados numa escala trimestral, foi calculada a quantidade de companhias que operaram no aeroporto dentro de cada trimestre, entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019, conforme mostra o gráfico 18.

52 Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos. Acessado em 19 ago. 2020.

Gráfico 18 - Distribuição trimestral do número de companhias aéreas do Aeroporto de São Paulo/Congonhas (CIA_SBSP), entre 2012 e 2019.



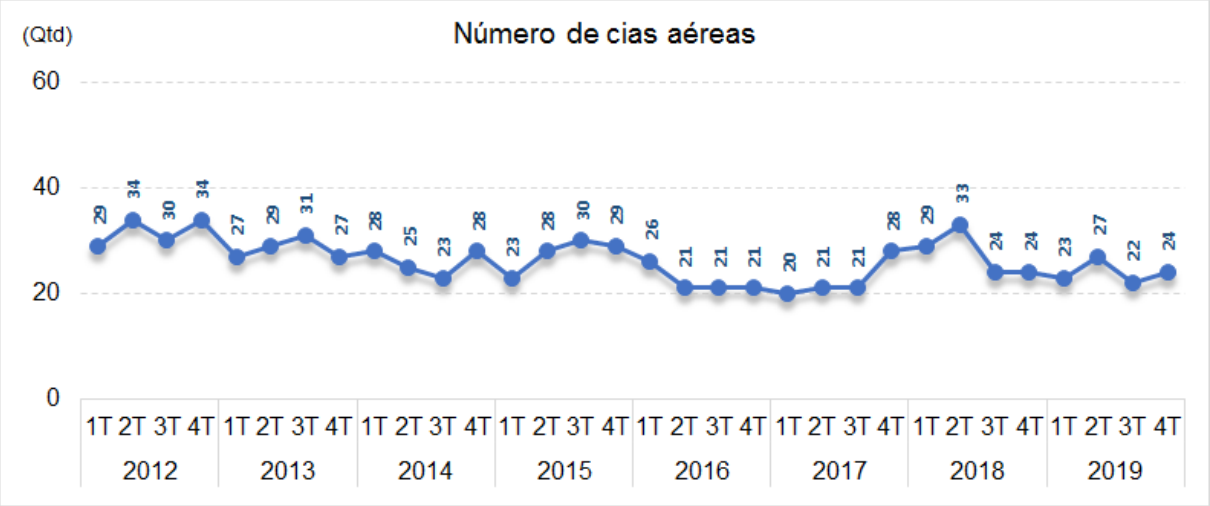
Fonte: Autor (2020)

5.3.2.13 Número de Companhias Aéreas no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (CIA_SBKP)

Esta variável trata do número de companhias aéreas que alocam seus voos no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas. Assim como nos demais aeroportos, a série histórica é divulgada pela ANAC[53], com periodicidade diária. Para padronizar os dados numa escala trimestral, foi realizada contagem das companhias que operaram no aeroporto dentro de cada trimestre, entre janeiro de 2012 e dezembro de 2019, conforme mostra o gráfico 19.

53 Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos. Acessado em 19 ago. 2020.

Gráfico 19 - Distribuição trimestral do número de companhias aéreas do Aeroporto de Internacional de Viracopos/Campinas (CIA_SBKP), entre 2012 e 2019.



Fonte: Autor (2020)

5.3.3 O Banco de Dados

Após a coleta de dados de cada variável, foi criada uma planilha, em Excel, registrando cada variável nas colunas e alocando, nas linhas, seus dados históricos entre o primeiro trimestre de 2012 e o quarto trimestre de 2019. No decorrer da pesquisa, foram utilizadas duas planilhas batizadas como: Banco Original e Banco Final. No Banco Original, além de todas as variáveis descritas nos itens acima, foram inseridas, como variáveis independentes, os *lags* de 1 à 4 das variáveis macroeconômicas (PIB, GDP, IPCA, DOLAR, IBOVESPA e PETROLEO). Estas variáveis deram origem às seguintes variáveis: PIB_LAG1, PIB_LAG2, PIB_LAG3, PIB_LAG4, GDP_LAG1, GDP_LAG2, GDP_LAG3, GDP_LAG4, IPCA_LAG1, IPCA_LAG2, IPCA_LAG3, IPCA_LAG4, DOLAR_LAG1, DOLAR_LAG2, DOLAR_LAG3, DOLAR_LAG4, IBOVESPA_LAG1, IBOVESPA_LAG2, IBOVESPA_LAG3, IBOVESPA_LAG4, PETROLEO_LAG1, PETROLEO_LAG2, PETROLEO_LAG3, PETROLEO_LAG4. O Banco Original tem como principal objetivo servir de base para avaliação da relação entre a variável dependente e os *lags* (defasagens) das variáveis independentes macroeconômicas. Após esta avaliação, as variáveis defasadas que não apresentam nenhum grau de relação com a variável dependente são excluídas do banco, formando, assim, o novo banco chamado de

Banco Final. Todo procedimento de avaliação da relação entre as variáveis será descrito na etapa 2 do método.

A figura 13 apresenta o esboço do Banco Original, destacando a variável temporal, na cor verde; a variável dependente ou resposta, na cor vermelha; as variáveis independentes ou explicativas, na cor azul; e as variáveis defasadas, na cor amarela. Por limitação de espaço, não é possível visualizar todas as variáveis na figura. Observe que a primeira coluna corresponde aos anos entre 2012 e 2019, conjuntamente com os trimestres representados pelos números 1, 2, 3 e 4 (primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestres, respectivamente). A segunda coluna é composta pela variável objetivo do estudo de caso que será abordado nessa pesquisa, referente à quantidade de movimentos da Terminal São Paulo (TMA-SP). A partir da terceira coluna, foram acomodadas as variáveis independentes selecionadas para o estudo de caso, descritas nos itens anteriores (TMA_SP, PIB, PIB_LAG1, PIB_LAG2, PIB_LAG3, PIB_LAG4, GDP, GDP_LAG1, GDP_LAG2, GDP_LAG3, GDP_LAG4, IPCA, IPCA_LAG1, IPCA_LAG2, IPCA_LAG3, IPCA_LAG4, DOLAR, DOLAR_LAG1, DOLAR_LAG2, DOLAR_LAG3, DOLAR_LAG4, IBOVESPA, IBOVESPA_LAG1, IBOVESPA_LAG2, IBOVESPA_LAG3, IBOVESPA_LAG4, PETROLEO, PETROLEO_LAG1, PETROLEO_LAG2, PETROLEO_LAG3, PETROLEO_LAG4, SBGR, SBSP, SBKP, SBGR_PASSAG, SBSP_PASSAG, SBKP_PASSAG, CIA_SBGR, CIA_SBSP, CIA_SBKP).

Figura 13 - Banco de dados original, no software Excel.

Defasagens do PIB

Defasagens do GDP

Defasagens do IPCA

ANO_TRIMESTRE	TMA_SP	PIB	PIB_LAG1	PIB_LAG2	PIB_LAG3	PIB_LAG4	GDP	GDP_LAG1	GDP_LAG2	GDP_LAG3	GDP_LAG4	IPCA	IPCA_LAG1	...	SBSP_PASSAG	SBKP_PASSAG	CIA_SBGR	CIA_SBSP	CIA_SBKP
2012-1	177,5	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	18,0	18,6	18,5	18,7	17,6	1,22	1,45		3,9	2,1	44	7	29
2012-2	177,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	19,2	18,0	18,6	18,5	18,7	1,08	1,22		4,2	2,1	43	7	34
2012-3	182,0	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	18,9	19,2	18,0	18,6	18,5	1,41	1,08		4,4	2,3	45	7	30
2012-4	180,6	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	19,0	18,9	19,2	18,0	18,6	1,98	1,41		4,3	2,2	49	8	34
2013-1	172,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	18,6	19,0	18,9	19,2	18,0	1,93	1,98		3,8	2,3	45	6	27
2013-2	177,6	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	19,7	18,6	19,0	18,9	19,2	1,18	1,93		4,1	2,2	45	6	29
2013-3	184,7	1,4	1,3	1,2	1,3	1,2	19,4	19,7	18,6	19,0	18,9	0,62	1,18		4,4	2,4	46	5	31
2013-4	184,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	19,6	19,4	19,7	18,6	19,0	2,03	0,62		4,6	2,5	52	4	27
2014-1	179,0	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	19,1	19,6	19,4	19,7	18,6	2,16	2,03		4,1	2,4	51	4	28
2014-2	177,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	20,4	19,1	19,6	19,4	19,7	1,53	2,16		4,1	2,4	58	4	25
2014-3	185,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	20,1	20,4	19,1	19,6	19,4	0,83	1,53		4,4	2,5	55	4	23
2014-4	189,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	19,9	20,1	20,4	19,1	19,6	1,71	0,83		4,9	2,5	52	4	28
2015-1	180,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	18,1	19,9	20,1	20,4	19,1	3,78	1,71		4,5	2,6	51	5	23
2015-2	177,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	19,2	18,1	19,9	20,1	20,4	2,24	3,78	...	4,5	2,4	51	4	28
2015-3	184,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	18,8	19,2	18,1	19,9	20,1	1,38	2,24		4,7	2,5	50	5	30
2015-4	182,9	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	19,0	18,8	19,2	18,1	19,9	2,79	1,38		4,8	2,4	51	4	29
2016-1	172,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	18,1	19,0	18,8	19,2	18,1	2,6	2,79		4,7	2,3	52	4	26
2016-2	158,4	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	19,5	18,1	19,0	18,8	19,2	1,74	2,6		4,8	2	53	4	21
2016-3	163,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	19,3	19,5	18,1	19,0	18,8	1,04	1,74		5,3	2,3	49	4	21
2016-4	163,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	19,5	19,3	19,5	18,1	19,0	0,74	1,04		5,3	2,3	52	4	21
2017-1	158,1	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	19,5	19,5	19,3	19,5	18,1	0,96	0,74		5,1	2,3	45	5	20
2017-2	154,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	20,2	19,5	19,5	19,3	19,5	0,22	0,96		5	2,1	45	4	21
2017-3	165,2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	20,8	20,2	19,5	19,5	19,3	0,59	0,22		5,5	2,2	45	4	21
2017-4	165,2	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	20,7	20,8	20,2	19,5	19,5	1,14	0,59		5,6	2,1	48	4	28
2018-1	163,9	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	20,7	20,7	20,8	20,2	19,5	0,7	1,14		5,2	2,1	46	4	29
2018-2	164,2	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	21,6	20,7	20,7	20,8	20,2	1,88	0,7		5,1	2	46	4	33
2018-3	167,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	22,2	21,6	20,7	20,7	20,8	0,72	1,88		5,6	2,3	49	4	24
2018-4	165,6	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	21,9	22,2	21,6	20,7	20,7	0,39	0,72	...	5,7	2,3	49	4	24
2019-1	165,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	21,9	21,9	22,2	21,6	20,7	1,5	0,39		5,6	2,4	47	4	23
2019-2	157,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	22,8	21,9	21,9	22,2	21,6	0,71	1,5		5,3	2,5	47	4	27
2019-3	167,5	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7	23,4	22,8	21,9	21,9	22,2	0,26	0,71		5,6	2,7	47	3	22
2019-4	169,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,8	19,7	23,4	22,8	21,9	21,9	1,76	0,26		5,8	2,5	45	6	24

Variável dependente

Variáveis independentes

Variável temporal

Fonte: Autor (2020)

5.4 Etapa 2: Análise da relação entre a variável dependente e as variáveis macroeconômicas

O objetivo desta etapa é avaliar, individualmente, qual defasagem de cada variável macroeconômica mais explica o comportamento da variável dependente. A partir daí, o método segue somente com a inclusão desta defasagem indicada para o modelo final, excluindo-se as demais defasagens. Este recurso mostra se há ou não pelo menos um *lag* significante para inclusão no modelo final.

Para avaliar a relação entre a variável resposta e as variáveis explicativas macroeconômicas, são utilizadas duas forma para fins de comparação. Inicialmente, é realizada a análise da matriz de correlação simples das variáveis, considerando apenas a variável dependente, uma variável macroeconômica e o seu grupo de variáveis defasadas. Posteriormente, é utilizada a Regressão Linear Múltipla através

do método *Stepwise*, no software JASP[54]. Nesta fase da pesquisa, não é uma preocupação a verificação das premissas do uso da regressão, pois esta servirá apenas para fins comparativos com a correlação, e definição das variáveis que seguirão para próxima etapa. Essa sequência se repete para cada variável macroeconômica e seu grupo de variáveis defasadas.

5.5 Etapa 3: Análise dos modelos

Para prever a variável dependente, é utilizada a Regressão Linear Múltipla através do método *Stepwise*. Como vimos anteriormente, este método calcula uma sequência de equações de regressão, onde em cada equação, uma variável independente é adicionada ou excluída até que a previsão da variável dependente seja a mais significativa. A equação gerada pelo algoritmo é considerada como um cenário realista. Além deste cenário, também são calculados os cenários pessimista e otimista, através do intervalo de confiança de 95%.

Para verificação das premissas para o uso da Regressão Linear Múltiplia, são realizados alguns testes de verificação, além da análise já realizada em cada variável. Para detectar a presença de autocorrelação é realizado o teste *Durbin-Watson*. Para verificação da multicolinearidade - existência de alta correlação entre algumas das variáveis explicativas - são verificados os coeficientes de correlação de Pearson na matriz de correlação. Caso seja detectada a presença de multicolinearidade, recomenda-se que a variável geradora seja retirada.

A partir das análises acima, respeitando o princípio da parcimônia adotado pela metodologia proposta, escolhe-se o modelo mais adequado, dentre os modelos gerados. Após a geração das equações finais (pessimista, realista e otimista) da regressão, é verificada a aderência do modelo através da comparação entre valores previstos pelo modelo escolhido e os valores reais ocorridos.

---

54 JASP – Software livre desenvolvido pela Universidade de Amsterdã (https://jasp-stats.org/).

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Neste capítulo são apresentados e discutidos, os resultados do método proposto, tendo como estudo de caso, os dados de tráfego aéreo da Terminal São Paulo (TMA-SP). Inicialmente, é apresentada a TMA-SP com as suas principais características. Em seguida, são apresentados os resultados de cada etapa do método proposto.

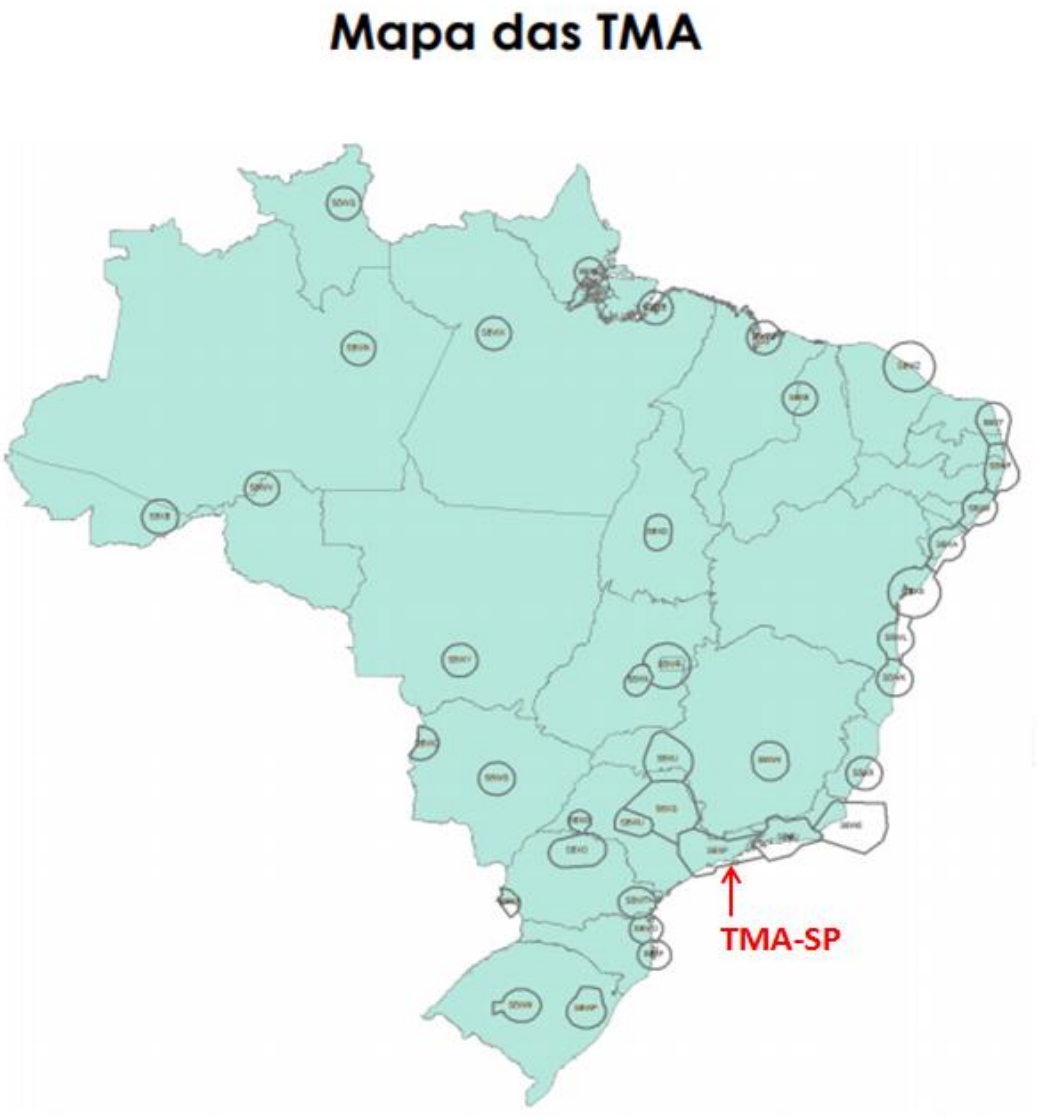
6.1 A Terminal São Paulo (TMA-SP)

O Estado de São Paulo é um dos polos industriais nacionais mais importantes devido à concentração de empresas e indústrias. Não seria diferente o contexto relacionado ao tráfego aéreo daquela região que possui a área de maior densidade de fluxo aéreo do Brasil, atendendo também a rota RIO-SÃO PAULO, a mais movimentada do país.

Como visto no capítulo 3 desta pesquisa, o espaço aéreo é dividido em diversas partes, tanto horizontal, quanto verticalmente. A Terminal São Paulo (TMA-SP) é umas das fatias do espaço aéreo brasileiro. O SISCEAB[55] possui 39 TMA (BRASIL, 2020a, p. 143). A figura 14 apresenta o mapa do Brasil com as suas Terminais, destacando a TMA-SP.

55 SISCEAB – Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.

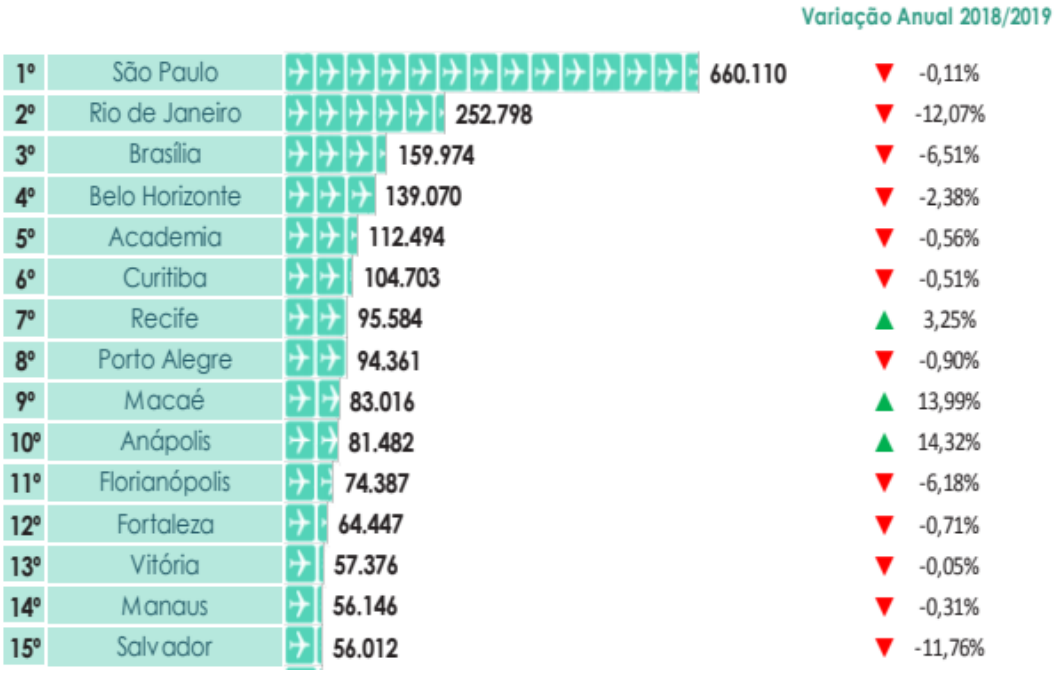
Figura 14 - Mapa das TMA, Brasil.



Fonte: BRASIL, 2020a, p. 145.

A TMA-SP, precursora na implantação do serviço radar brasileiro, possui aeroportos com características peculiares e a malha aérea mais intensa do país. A principal motivação pela escolha da TMA-SP como estudo de caso para esta pesquisa foi justamente o fato desta ser a TMA mais movimentada do Brasil, conforme apresentado no ranking da figura 15.

Figura 15 - Ranking de TMA/CTR - 2019.



Fonte: BRASIL, 2020a, p. 147.

Segundo o Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo de 2019 do CGNA[56], a TMA-SP registrou um total de 660.110 movimentos de aeronaves no ano de 2019, sendo 553.674 movimentos relativos à aviação comercial, 98.839 movimentos de aviação geral e 7.597 movimentos da aviação militar. Com uma média de 1.945 voos diários, em 2019, os dados demonstram que o dia da semana mais movimentado na TMA-SP foi quinta-feira, nos três últimos anos, conforme mostram as tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Total anual de movimentos.

	2017	2018	2019	Cresc. em 2019
Total	643.234	660.843	660.110	-0,1%
Comercial	530.483	548.978	553.674	0,9%
Geral	103.170	103.525	98.839	-4,5%
Militar	9.581	8.340	7.597	-8,9%

Fonte: BRASIL, 2020a, p. 184.

56 CGNA – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tabela 2 - Média diária de movimentos por dia da semana.

	2017	2018	2019	Comparado com o Total
Total	**1.762**	**1.811**	**1.809**	**100%**
Segunda	1.830	1.829	**1.854**	**102%**
Terça	1.834	1.873	**1.827**	**101%**
Quarta	1.862	1.907	**1.891**	**105%**
Quinta	1.901	1.966	**1.945**	**108%**
Sexta	1.858	1.940	**1.942**	**107%**
Sábado	1.537	1.601	**1.629**	**90%**
Domingo	1.518	1.557	**1.571**	**87%**

Fonte: BRASIL, 2020a, p. 185.

Como vimos no capítulo 5, a Terminal está sob responsabilidade do APP (Controle de Aproximação). O APP é o órgão estabelecido para prestar serviço de controle de tráfego aos voos controlados que cheguem ou saiam de um ou mais aeródromos. Tem a atribuição de emitir autorizações de tráfego às aeronaves que estiverem voando ou que se propuserem voar dentro de uma TMA ou de uma CTR (Zona de Controle), com o objetivo de:

• manter as separações mínimas estabelecidas entre as aeronaves;

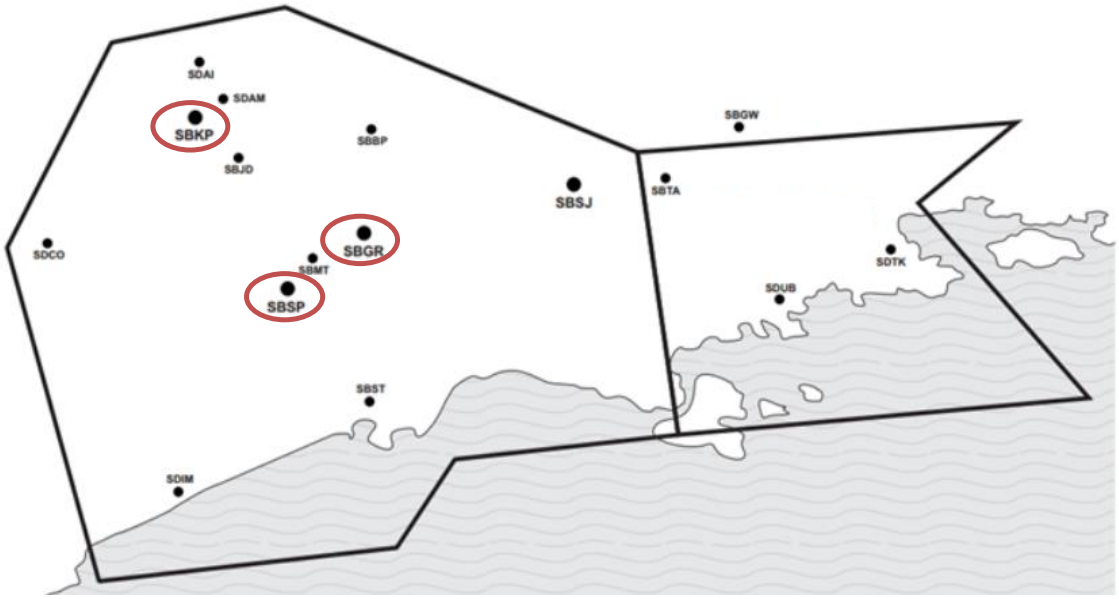
• disciplinar, acelerar e manter ordenado o fluxo de tráfego aéreo;

• orientar e instruir as aeronaves na execução dos procedimentos de espera, chegada e saída, estabelecidos pelo DECEA.

O APP São Paulo (APP-SP) é o órgão responsável pela TMA-SP.

Dentre os quinze aeroportos que compõem a TMA-SP, foram selecionados os três maios movimentados para fazerem parte do escopo dessa pesquisa, como variáveis independentes (popularmente chamados de Guarulhos, Congonhas e Viracopos). A figura 16 apresenta a localização desses aeroportos dentro da TMA-SP.

Figura 16 - Desenho da TMA-SP e os aeroportos alimentadores.



Fonte: ABRAPHE, 2015.

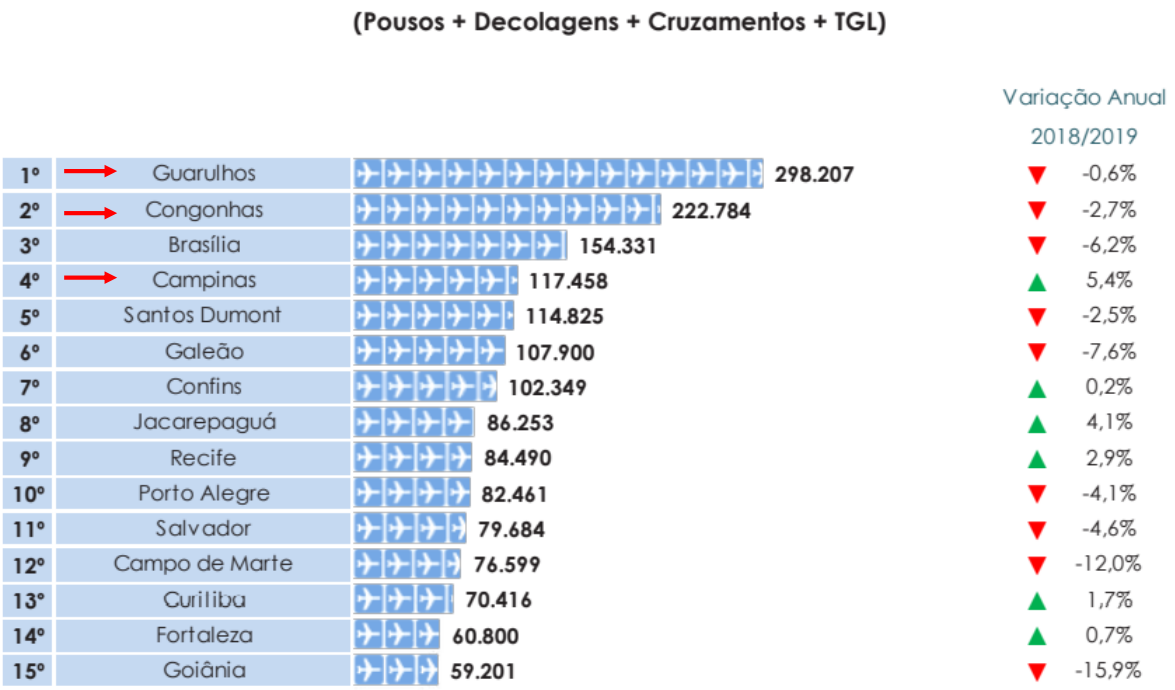
O Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoro (SBGR), é o maior aeroporto do país e o mais movimentado da América Latina em número de passageiros. É um dos principais *hubs* da América do Sul, com funcionando 24 horas por dia.

O Aeroporto Deputado Freitas Nobre (SBSP), Aeroporto de São Paulo/Congonhas, opera apenas voos domésticos (nacionais). Permanece, no entanto, como um dos aeródromos mais movimentados do país, com horário de funcionamento entre 6h e 23h (horário de Brasília).

O Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (SBKP), localizado no município de Campinas, possui o maior centro de carga aérea da América do Sul. O funcionamento é de 24 horas por dia.

A figura 17 apresenta o ranking dos principais aeroportos do Brasil, em volume de tráfego, no ano de 2019. Observa-se que os aeroportos de Guarulhos, Congonhas e Campinas, ficaram entre os quatro mais movimentados em 2019.

Figura 17 - Ranking de Aeródromos de 2019.



Fonte: BRASIL, 2020a, p. 11.

6.2 Resultados:

6.2.1 Etapa 1: Análise das variáveis

Como mencionado nos itens 5.2 e 5.3, a primeira etapa consiste na avaliação do comportamento das variáveis analisando suas estatísticas, para além da coleta dos dados históricos e da formação do banco de dados.

A tabela 3 relaciona toda a estatística descritiva realizada, apresentando a média (*mean*); o desvio padrão (*std. deviation*); assimetria (*skewness*); a curtose (*kurtosis*); e os valores mínimo (*minimun*) e máximo (*maximum*) de cada variável.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis.

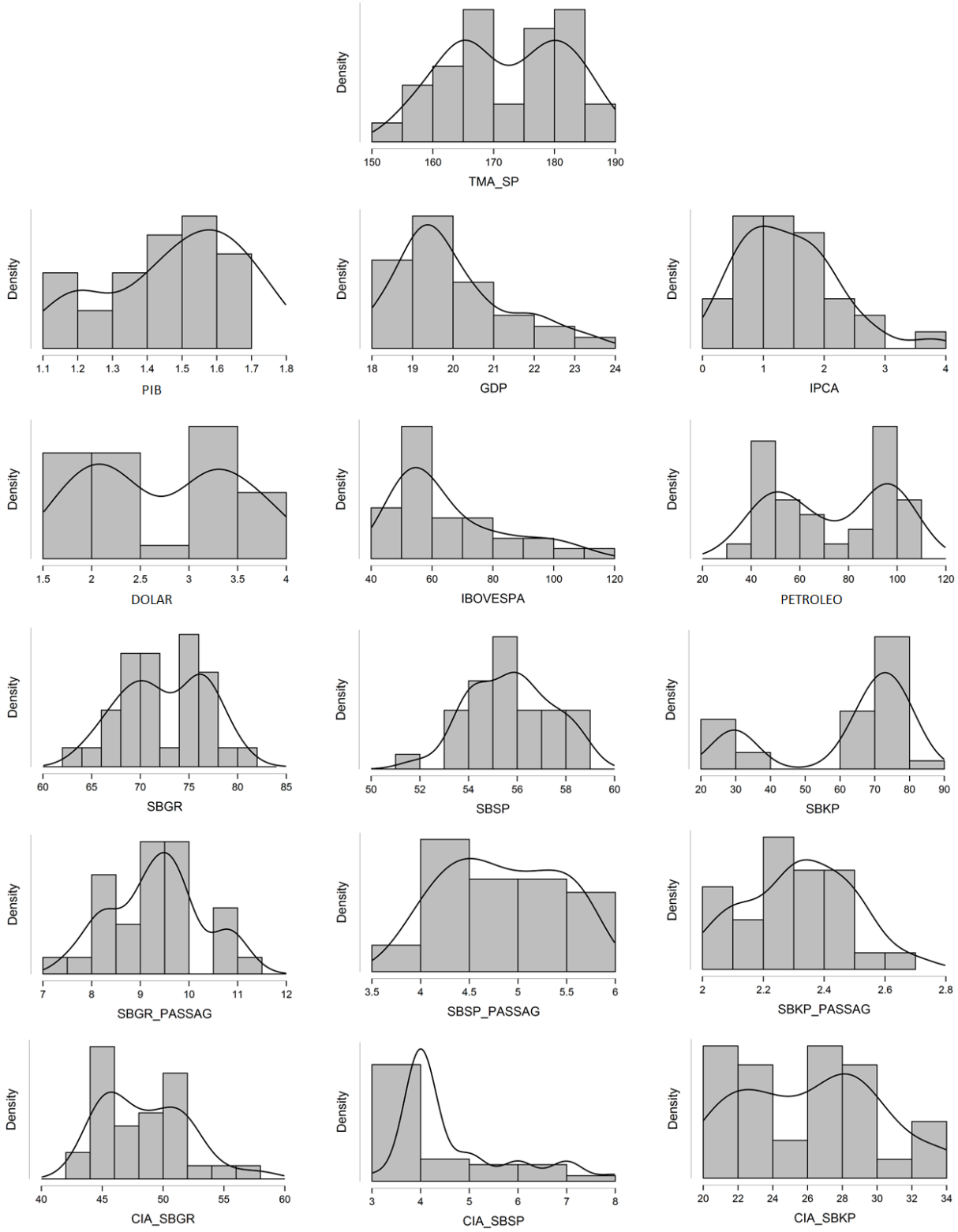
Variable	*Mean*	*Std. Deviation*	*Skewness*	*Kurtosis*	*Minimum*	*Maximum*
TMA_SP	172.384	9.667	-0,049	-1.195	154.800	189.700
PIB	1.484	0,200	-0,415	-0,772	1.100	1.800
GDP	19.962	1.364	0,883	0,248	18.000	23.400
IPCA	1.401	0,797	0,878	1.125	0,220	3.780
DOLAR	2.728	0,757	0,077	-1.402	1.600	4.000
IBOVESPA	65.138	18.043	1.099	0,225	44.418	110.366
PETROLEO	73.537	23.606	-0,095	-1.659	33.210	105.840
SBGR	72.525	4.336	-0,144	-1.041	64.000	80.100
SBSP	55.728	1.666	-0,042	-0,527	51.900	58.600
SBKP	61.872	19.378	-1.069	-0,698	29.100	80.100
SBGR_PASSAG	9.341	0,934	0,060	-0,460	7.500	11.200
SBSP_PASSAG	4.841	0,584	-0,004	-1.177	3.800	5.800
SBKP_PASSAG	2.319	0,175	-0,036	-0,521	2.000	2.700
CIA_SBGR	48.531	3.556	0,620	-0,006	43.000	58.000
CIA_SBSP	4.688	1.203	1.364	0,941	3.000	8.000
CIA_SBKP	26.250	4.032	0,196	-0,866	20.000	34.000

Fonte: Autor (2020)

No tocante à assimetria (*skewness*), como mencionado anteriormente, os valores fora do intervalo de –1 a +1 indicam uma distribuição assimétrica. Nesse caso, estão as variáveis IBOVESPA, SBKP e CIA_SBSP.

A figura 18 mostra a representação gráfica da densidade de cada variável, ou seja, a forma da distribuição de cada variável. Nesse estudo, busca-se um formato aproximado da distribuição Normal. Ao analisar os histogramas, observa-se a curva de normalidade, mostrando se os dados apresentam uma distribuição homogênea ou heterogênea em relação à média.

Figura 18 - Gráficos de densidade das variáveis.



Fonte: Autor (2020)

6.2.2 Etapa 2: Análise da relação entre a variável dependente e as variáveis macroeconômicas

Conforme definido no item 5.4, essa etapa tem como objetivo avaliar qual defasagem de cada variável macroeconômica melhor explica o comportamento da variável resposta, para reduzir o número de variáveis do banco original. Para atingir o objetivo da etapa, para cada grupo de variável, foram utilizadas duas técnicas para fins de comparação: a matriz de correlação e a regressão linear múltipla.

6.2.2.1 TMA_SP *x* PIB

a) Matriz de correlação:

A tabela 4 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis TMA_SP, PIB, PIB_LAG1, PIB_LAG2, PIB_LAG3 e PIB_LAG4. Analisando a tabela, observa-se que todos os *lags* são significantes (*p-value* < .001) e possuem alta correlação com a variável dependente (abaixo de -0.5). Nesse caso, optou-se por selecionar para a próxima etapa, o *lag* com maior correlação com a variável TMP_SP, o PIB_LAG2.

Tabela 4 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, PIB (*lags* de 1 a 4).

Variable		TMA_SP	PIB	PIB_LAG1	PIB_LAG2	PIB_LAG3	PIB_LAG4
1. TMA_SP	Pearson's r	—					
	p-value	—					
2. PIB	Pearson's r	-0.588	—				
	p-value	< .001	—				
3. PIB_LAG1	Pearson's r	-0.616	0.944	—			
	p-value	< .001	< .001	—			
4. PIB_LAG2	Pearson's r	-0.677	0.960	0.945	—		
	p-value	< .001	< .001	< .001	—		
5. PIB_LAG3	Pearson's r	-0.648	0.947	0.960	0.947	—	
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	—	
6. PIB_LAG4	Pearson's r	-0.619	0.974	0.953	0.965	0.951	—
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, PIB, PIB_LAG1, PIB_LAG2, PIB_LAG3 e PIB_LAG4. Analisando as tabelas 5 e 6, observa-se que o modelo 2 aponta a variável PIB-LAG2 para seguir para a próxima etapa; confirmando, assim, a indicação da mesma variável dada pela correlação analisada anteriormente.

Tabela 5 - Resumo dos modelos - TMA_SP, PIB (*lags* de 1 a 4).

Model Summary - TMA_SP

Model	R	R^2	Adjusted R^2
1	0.000	0.000	0.000
2	0.677	0.459	0.440

Fonte: Autor (2020)

Tabela 6 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, PIB (*lags* de 1 a 4).

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001
2	(Intercept)	220.921	9.715		22.741	< .001
	PIB_LAG2	-32.699	6.488	-0.677	-5.040	< .001

Note. The following covariates were considered but not included: PIB, PIB_LAG1, PIB_LAG3, PIB_LAG4.

Fonte: Autor (2020)

6.2.2.2 TMA_SP *x* GDP

a) Matriz de correlação:

A tabela 7 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis TMA_SP, GDP, GDP_LAG1, GDP_LAG2, GDP_LAG3 e GDP_LAG4. Analisando a tabela, observa-se que a variável mais significante e mais correlacionada com a variável dependente é a própria variável GDP no tempo *t*, ou seja, sem defasagem.

Assim sendo, GDP é a variável indicada pela análise da correlação para compor a base de dados.

Tabela 7 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, GDP (*lags* de 1 a 4).

Variable		TMA_SP	GDP	GDP_LAG1	GDP_LAG2	GDP_LAG3	GDP_LAG4
1. TMA_SP	Pearson's r	—					
	p-value	—					
2. GDP	Pearson's r	**-0.485**	—				
	p-value	0.005	—				
3. GDP_LAG1	Pearson's r	-0.338	0.745	—			
	p-value	0.058	< .001	—			
4. GDP_LAG2	Pearson's r	-0.376	0.729	0.861	—		
	p-value	0.034	< .001	< .001	—		
5. GDP_LAG3	Pearson's r	-0.376	0.692	0.834	0.830	—	
	p-value	0.034	< .001	< .001	< .001	—	
6. GDP_LAG4	Pearson's r	-0.244	0.762	0.762	0.810	0.800	—
	p-value	0.179	< .001	< .001	< .001	< .001	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 8 e 9 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, GDP, GDP_LAG1, GDP_LAG2, GDP_LAG3 e GDP_LAG4. Nota-se que a regressão confirma a indicação da análise da correlação, realizada anteriormente, apontando o GDP, no modelo 2, como a variável que deve permanecer na base de dados, excluindo-se os demais *lags* do GDP.

Tabela 8 - Resumo dos modelos - TMA_SP, GDP (*lags* de 1 a 4).

Model Summary - TMA_SP

Model	R	R^2	Adjusted R^2
1	0.000	0.000	0.000
2	0.485	0.235	0.210

Fonte: Autor (2020)

Tabela 9 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, GDP (*lags* de 1 a 4).

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001
2	(Intercept)	241.037	22.635		10.649	< .001
	GDP	-3.439	1.131	-0.485	-3.040	0.005

Note. The following covariates were considered but not included: GDP_LAG1, GDP_LAG2, GDP_LAG3,

Fonte: Autor (2020)

6.2.2.3 TMA_SP *x* IPCA

a) Matriz de correlação:

A tabela 10 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis TMA_SP, IPCA, IPCA_LAG1, IPCA_LAG2, IPCA_LAG3 e IPCA_LAG4. Na tabela 10, nota-se que a variável mais significante (*p-value* < 0.05) e mais correlacionada com a variável TMA_SP é a variável IPCA sem defasagem (no tempo *t*). Desta forma, análise da correlação indica a variável IPCA para compor a base de dados.

Tabela 10 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, IPCA (*lags* de 1 a 4).

Variable		TMA_SP	IPCA	IPCA_LAG1	IPCA_LAG2	IPCA_LAG3	IPCA_LAG4
1. TMA_SP	Pearson's r	—					
	p-value	—					
2. IPCA	Pearson's r	0.444	—				
	p-value	0.011	—				
3. IPCA_LAG1	Pearson's r	0.210	0.384	—			
	p-value	0.248	0.030	—			
4. IPCA_LAG2	Pearson's r	0.315	0.021	0.418	—		
	p-value	0.080	0.910	0.017	—		
5. IPCA_LAG3	Pearson's r	0.329	0.326	0.035	0.393	—	
	p-value	0.066	0.068	0.849	0.026	—	
6. IPCA_LAG4	Pearson's r	-0.006	0.306	0.321	0.020	0.389	—
	p-value	0.976	0.088	0.073	0.912	0.028	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 11 e 12 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, IPCA, IPCA_LAG1, IPCA_LAG2, IPCA_LAG3 e IPCA_LAG4. Da mesma forma que na análise da correlação, a regressão indica o IPCA, no modelo 2, como a variável que deve permanecer na base de dados, devendo-se excluir os *lags* do IPCA.

Tabela 11 - Resumo dos modelos - TMA_SP, IPCA (*lags* de 1 a 4).

Model Summary - TMA_SP

Model	R	R^2	Adjusted R^2
1	0.000	0.000	0.000
2	0.444	0.198	0.171

Fonte: Autor (2020)

Tabela 12 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, IPCA (*lags* de 1 a 4).

Coefficients

Model		Unstandardiz	Standard	Standardized	t	p
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001
2	(Intercept)	164.831	3.186		51.742	< .001
	IPCA	5.393	1.985	0.444	2.717	0.011

Note. The following covariates were considered but not included: IPCA_LAG1, IPCA_LAG2, IPCA_LAG3,

Fonte: Autor (2020)

6.2.2.4 TMA_SP *x* DOLAR

a) Matriz de correlação:

A tabela 13 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis TMA_SP, DOLAR, DOLAR_LAG1, DOLAR_LAG2, DOLAR_LAG3 e DOLAR_LAG4. Analisando a tabela, observa-se que todos os *lags* são significantes (*p-value* < .001) e possuem alta correlação com a variável dependente (abaixo de -0.5). Nesse caso, optou-se por selecionar para permanecer na base de dados, o *lag* com maior correlação com a variável TMA_SP, o DOLAR_LAG4 (-0.802).

Tabela 13 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, DOLAR (*lags* de 1 a 4).

Variable		TMA_SP	DOLAR	DOLAR_LAG1	DOLAR_LAG2	DOLAR_LAG3	DOLAR_LAG4
1. TMA_SP	Pearson's r	—					
	p-value	—					
2. DOLAR	Pearson's r	-0.567	—				
	p-value	< .001	—				
3. DOLAR_LAG1	Pearson's r	-0.674	0.968	—			
	p-value	< .001	< .001	—			
4. DOLAR_LAG2	Pearson's r	-0.753	0.915	0.968	—		
	p-value	< .001	< .001	< .001	—		
5. DOLAR_LAG3	Pearson's r	-0.789	0.863	0.916	0.969	—	
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	—	
6. DOLAR_LAG4	Pearson's r	**-0.802**	0.818	0.864	0.917	0.969	—
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 14 e 15 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, DOLAR, DOLAR_LAG1, DOLAR_LAG2, DOLAR_LAG3 e DOLAR_LAG4. Ao analisar as tabelas 14 e 15, observa-se que o modelo 2 aponta a variável DOLAR-LAG4 para seguir para a próxima etapa; confirmando, assim, a indicação da mesma variável dada pela correlação analisada anteriormente.

Tabela 14 - Resumo dos modelos - TMA_SP, DOLAR (*lags* de 1 a 4).

Model Summary - TMA_SP			
Model	**R**	**R^2**	**Adjusted R^2**
1	0.000	0.000	0.000
2	0.802	0.643	0.631

Fonte: Autor (2020)

Tabela 15 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, DOLAR (*lags* de 1 a 4).

Coefficients

Model		Unstandardi	Standard Error	Standardized	t	p
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001
2	(Intercept)	200.034	3.900		51.293	< .001
	DOLAR_LAG4	-10.142	1.379	-0.802	-7.355	< .001

Note. The following covariates were considered but not included: DOLAR, DOLAR_LAG1, DOLAR_LAG2, DOLAR_LAG3.

Fonte: Autor (2020)

6.2.2.5 TMA_SP *x* IBOVESPA

a) Matriz de correlação:

A tabela 16 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis TMA_SP, IBOVESPA, IBOVESPA_LAG1, IBOVESPA_LAG2, IBOVESPA_LAG3 e IBOVESPA_LAG4. Na tabela 16, observa-se que a variável mais significante (*p-value* < 0.01) e mais correlacionada com a variável TMA_SP é a variável IBOVESPA sem defasagem (no tempo *t*). Sendo assim, o IBOVESPA é a variável indicada pela análise da correlação para representar o grupo na base de dados.

Tabela 16 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, IBOVESPA (lags de 1 a 4).

Variable		TMA_SP	IBOVESPA	IBOVESPA_LAG1	IBOVESPA_LAG2	IBOVESPA_LAG3	IBOVESPA_LAG4
1. TMA_SP	Pearson's r	—					
	p-value	—					
2. IBOVESPA	Pearson's r	-0.556	—				
	p-value	< .001	—				
3. IBOVESPA_LAG1	Pearson's r	-0.489	0.962	—			
	p-value	0.005	< .001	—			
4. IBOVESPA_LAG2	Pearson's r	-0.401	0.921	0.952	—		
	p-value	0.023	< .001	< .001	—		
5. IBOVESPA_LAG3	Pearson's r	-0.305	0.893	0.894	0.933	—	
	p-value	0.090	< .001	< .001	< .001	—	
6. IBOVESPA_LAG4	Pearson's r	-0.229	0.836	0.846	0.848	0.913	—
	p-value	0.207	< .001	< .001	< .001	< .001	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 17 e 18 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, IBOVESPA, IBOVESPA_LAG1, IBOVESPA_LAG2, IBOVESPA_LAG3 e IBOVESPA_LAG4. Igualmente à análise da correlação, a regressão indica o IBOVESPA, no modelo 2, como a variável que deve permanecer na base de dados, devendo-se excluir os *lags* do IBOVESPA.

Tabela 17 - Resumo dos modelos - TMA_SP, IBOVESPA (*lags* de 1 a 4).

Model Summary - TMA_SP

Model	R	R^2	Adjusted R^2
1	0.000	0.000	0.000
2	0.556	0.310	0.287
3	0.703	0.494	0.459

Fonte: Autor (2020)

Tabela 18 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, IBOVESPA (*lags* de 1 a 4).

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001
2	(Intercept)	191.803	5.487		34.957	< .001
	IBOVESPA	-0.298	0.081	-0.556	-3.668	< .001
3	(Intercept)	174.278	7.202		24.198	< .001
	IBOVESPA	-0.648	0.129	-1.210	-5.031	< .001
	IBOVESPA_LAG4	0.671	0.206	0.782	3.252	0.003

Note. The following covariates were considered but not included: IBOVESPA_LAG1, IBOVESPA_LAG2, IBOVESPA_LAG3.

Fonte: Autor (2020)

6.2.2.6 TMA_SP *x* PETROLEO

a) Matriz de correlação:

A tabela 19 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis TMA_SP, PETROLEO, PETROLEO_LAG1, PETROLEO_LAG2, PETROLEO_LAG3 e PETROLEO_LAG4. Analisando a tabela, observa-se que todos os *lags* são significantes (*p-value* < .001) e possuem alta correlação com a variável dependente (acima de 0.5). Nesse caso, optou-se por selecionar para permanecer na base de

dados, o *lag* com maior correlação com a variável TMP_SP, o PETROLEO_LAG4 (0.827).

Tabela 19 - Matriz de correlação e significância - TMA_SP, PETROLEO (lags de 1 a 4).

Variable		TMA_SP	PETROLEO	PETROLEO_LAG1	PETROLEO_LAG2	PETROLEO_LAG3	PETROLEO_LAG4
1. TMA_SP	Pearson's r	—					
	p-value	—					
2. PETROLEO	Pearson's r	0.541	—				
	p-value	0.001	—				
3. PETROLEO_LAG1	Pearson's r	0.696	0.921	—			
	p-value	< .001	< .001	—			
4. PETROLEO_LAG2	Pearson's r	0.749	0.828	0.922	—		
	p-value	< .001	< .001	< .001	—		
5. PETROLEO_LAG3	Pearson's r	0.767	0.748	0.834	0.921	—	
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	—	
6. PETROLEO_LAG4	Pearson's r	**0.827**	0.668	0.753	0.836	0.921	—
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 20 e 21 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, PETROLEO, PETROLEO_LAG1, PETROLEO_LAG2, PETROLEO_LAG3 e PETROLEO_LAG4. Analisando as referidas tabelas, observa-se que o modelo 2 aponta a variável PETROLEO-LAG4 como representante do grupo para permanecer; confirmando, assim, a indicação da mesma variável dada pela análise da correlação.

Tabela 20 - Resumo dos modelos - TMA_SP, PETROLEO (*lags* de 1 a 4).

Model Summary - TMA_SP

Model	R	R^2	Adjusted R^2
1	0.000	0.000	0.000
2	0.827	0.684	0.674

Fonte: Autor (2020)

Tabela 21 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP, PETROLEO (*lags* de 1 a 4).

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001
2	(Intercept)	147.471	3.239		45.534	< .001
	PETROLEO_LAG4	0.339	0.042	0.827	8.067	< .001

Note. The following covariates were considered but not included: PETROLEO, PETROLEO_LAG1, PETROLEO_LAG2, PETROLEO_LAG3.

Fonte: Autor (2020)

6.2.3 Etapa 3: Análise dos modelos

Nesta etapa são apresentados, além da matriz de correlação das variáveis, os modelos criados pela regressão linear múltipla, bem como definido o modelo final considerado o mais adequado dentre os gerados.

a) Matriz de Correlação e significância

A tabela 22 apresenta a matriz de correlação e significância das variáveis: TMA_SP, PIB_LAG2, GDP, IPCA, DOLAR_LAG4, IBOVESPA, PETROLEO_LAG4, SBGR, SBSP,SBKP, SBGR_PASSAG, SBSP_PASSAG, SBKP_PASSAG, CIA_SBGR, CIA_SBSP e CIA_SBKP. Analisando a tabela, nota-se que há uma forte correlação (± 0,7) entre a variável TMA_SP e as variáveis DOLAR_LAG4 e PETROLEO_LAG4. Observa-se, também, que não há multicolinearidade entre as variáveis explicativas, ou seja, os coeficientes são diferentes de 1.

Tabela 22 - Correlação e significância – variáveis dependente e independentes.

Variable		TMA_SP	PIB _LAG2	GDP	IPCA	DOLAR _LAG4	IBOVESPA	PETROLEO _LAG4	SBGR	SBSP	SBKP	SBGR _PASSAG	SBSP _PASSAG	SBKP _PASSAG	CIA_SBGR	CIA_SBSP	CIA_SBKP
1. TMA_SP	Pearson's r	—															
	p-value	—															
2. PIB_LAG2	Pearson's r	-0.677	—														
	p-value	< .001	—														
3. GDP	Pearson's r	-0.485	0.661	—													
	p-value	0.005	< .001	—													
4. IPCA	Pearson's r	0.444	-0.202	-0.573	—												
	p-value	0.011	0.267	< .001	—												
5. DOLAR_LAG4	Pearson's r	-0.801	0.888	0.582	-0.394	—											
	p-value	< .001	< .001	< .001	0.026	—											
6. IBOVESPA	Pearson's r	-0.556	0.655	0.756	-0.453	0.643	—										
	p-value	< .001	< .001	< .001	0.009	< .001	—										
7. PETROLEO_LAG4	Pearson's r	0.827	-0.699	-0.404	0.366	-0.861	-0.448	—									
	p-value	< .001	< .001	0.022	0.039	< .001	0.010	—									
8. SBGR	Pearson's r	0.576	0.093	0.201	0.214	-0.162	0.122	0.335	—								
	p-value	< .001	0.611	0.271	0.241	0.377	0.505	0.061	—								
9. SBSP	Pearson's r	0.072	0.045	0.151	-0.189	0.085	0.318	-0.191	0.186	—							
	p-value	0.697	0.807	0.410	0.300	0.644	0.077	0.296	0.307	—							
10. SBKP	Pearson's r	0.156	0.070	-0.144	0.160	-0.032	-0.503	-0.054	0.234	-0.143	—						
	p-value	0.394	0.702	0.432	0.383	0.863	0.003	0.771	0.198	0.433	—						
11. SBGR_PASSAG	Pearson's r	-0.134	0.727	0.609	-0.112	0.564	0.612	-0.346	0.687	0.264	0.145	—					
	p-value	0.464	< .001	< .001	0.543	< .001	< .001	0.052	< .001	0.144	0.428	—					
12. SBSP_PASSAG	Pearson's r	-0.611	0.856	0.673	-0.391	0.877	0.726	-0.776	0.110	0.430	-0.067	0.744	—				
	p-value	< .001	< .001	< .001	0.027	< .001	< .001	< .001	0.548	0.014	0.718	< .001	—				
13. SBKP_PASSAG	Pearson's r	0.416	0.119	0.115	0.193	0.030	0.095	0.353	0.606	-0.132	0.003	0.497	0.074	—			
	p-value	0.018	0.516	0.530	0.291	0.871	0.605	0.048	< .001	0.470	0.989	0.004	0.686	—			
14. CIA_SBGR	Pearson's r	0.312	0.062	-0.095	0.351	-0.092	-0.408	0.189	0.388	-0.347	0.508	0.182	-0.126	0.352	—		
	p-value	0.082	0.737	0.606	0.049	0.617	0.021	0.301	0.028	0.052	0.003	0.319	0.493	0.048	—		
15. CIA_SBSP	Pearson's r	0.329	-0.664	-0.520	0.150	-0.578	-0.165	0.433	-0.249	0.238	-0.523	-0.580	-0.519	-0.247	-0.458	—	
	p-value	0.066	< .001	0.002	0.413	< .001	0.366	0.013	0.170	0.190	0.002	< .001	0.002	0.173	0.008	—	
16. CIA_SBKP	Pearson's r	0.533	-0.531	-0.232	0.236	-0.668	-0.228	0.519	0.125	0.277	-0.157	-0.343	-0.480	-0.213	-0.214	0.529	—
	p-value	0.002	0.002	0.202	0.194	< .001	0.209	0.002	0.497	0.124	0.392	0.055	0.005	0.243	0.239	0.002	—

Fonte: Autor (2020)

b) Regressão linear múltipla:

As tabelas 23 e 24 apresentam os resultados da regressão linear das variáveis TMA_SP, PIB_LAG2, GDP, IPCA, DOLAR_LAG4, IBOVESPA, PETROLEO_LAG4, SBGR, SBSP, SBKP, SBGR_PASSAG, SBSP_PASSAG, SBKP_PASSAG, CIA_SBGR, CIA_SBSP e CIA_SBKP. Analisando as referidas tabelas, observa-se que o modelo 2 aponta a variável PETROLEO-LAG4 como representativa em todos os modelos gerados; confirmando, assim, a indicação da mesma variável dada pela análise da correlação.

Tabela 23 - Resumo dos modelos - TMA_SP e variáveis independentes.

Model	R	R^2	Adjusted R^2	Durbin-Watson	
				Statistic	p
1	0.000	0.000	0.000	0.373	< .001
2	0.827	0.684	0.674	1.680	0.271
3	0.886	0.785	0.770	1.190	0.006
4	0.947	0.897	0.886	0.983	< .001
5	0.967	0.936	0.926	1.383	0.014
6	0.978	0.956	0.948	1.466	0.024
7	0.984	0.969	0.962	1.579	0.037
8	0.988	0.976	0.969	1.693	0.065
9	0.991	0.982	0.976	1.608	0.030

Fonte: Autor (2020)

Tabela 24 - Modelos de regressão linear múltipla - TMA_SP e variáveis independentes.

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p	95% CI	
							Lower	Upper
1	(Intercept)	172.384	1.709		100.879	< .001	168.899	175.870
2	(Intercept)	147.471	3.239		45.534	< .001	140.857	154.085
	PETROLEO_LAG4	0.339	0.042	0.827	8.067	< .001	0.253	0.425
3	(Intercept)	96.469	14.118		6.833	< .001	67.595	125.342
	PETROLEO_LAG4	0.293	0.037	0.715	7.822	< .001	0.216	0.369
	SBGR	0.750	0.204	0.336	3.682	< .001	0.333	1.167
4	(Intercept)	116.172	10.586		10.974	< .001	94.487	137.857
	PETROLEO_LAG4	0.112	0.042	0.275	2.674	0.012	0.026	0.199
	SBGR	1.190	0.164	0.534	7.233	< .001	0.853	1.527
	PIB_LAG2	-25.828	4.696	-0.535	-5.500	< .001	-35.448	-16.208
5	(Intercept)	110.706	8.616		12.848	< .001	93.026	128.385
	PETROLEO_LAG4	0.108	0.034	0.264	3.191	0.004	0.039	0.177
	SBGR	1.236	0.133	0.554	9.312	< .001	0.963	1.508
	PIB_LAG2	-18.008	4.242	-0.373	-4.245	< .001	-26.712	-9.304
	IBOVESPA	-0.140	0.035	-0.262	-4.041	< .001	-0.212	-0.069
6	(Intercept)	56.375	17.157		3.286	0.003	21.109	91.641
	PETROLEO_LAG4	0.154	0.031	0.376	4.910	< .001	0.089	0.218
	SBGR	1.075	0.121	0.482	8.911	< .001	0.827	1.323
	PIB_LAG2	-11.694	3.998	-0.242	-2.925	0.007	-19.912	-3.476
	IBOVESPA	-0.184	0.032	-0.344	-5.795	< .001	-0.250	-0.119
	SBSP	1.006	0.288	0.173	3.493	0.002	0.414	1.598
7	(Intercept)	50.108	14.784		3.389	0.002	19.660	80.557
	PETROLEO_LAG4	0.130	0.028	0.317	4.679	< .001	0.073	0.187
	SBGR	1.252	0.116	0.561	10.748	< .001	1.012	1.491
	PIB_LAG2	-7.212	3.682	-0.149	-1.959	0.061	-14.797	0.372
	IBOVESPA	-0.289	0.042	-0.539	-6.870	< .001	-0.375	-0.202
	SBSP	1.030	0.246	0.178	4.185	< .001	0.523	1.538
	SBKP	-0.096	0.030	-0.193	-3.258	0.003	-0.157	-0.035
8	(Intercept)	43.101	13.556		3.180	0.004	15.123	71.079
	PETROLEO_LAG4	0.112	0.026	0.272	4.306	< .001	0.058	0.165
	SBGR	1.102	0.119	0.494	9.242	< .001	0.856	1.348
	PIB_LAG2	-10.129	3.491	-0.210	-2.901	0.008	-17.335	-2.923
	IBOVESPA	-0.274	0.038	-0.512	-7.178	< .001	-0.353	-0.195
	SBSP	1.140	0.225	0.197	5.061	< .001	0.675	1.605
	SBKP	-0.080	0.027	-0.160	-2.910	0.008	-0.136	-0.023
	SBKP_PASSAG	6.669	2.534	0.121	2.632	0.015	1.440	11.898
9	(Intercept)	45.544	12.067		3.774	< .001	20.581	70.507
	PETROLEO_LAG4	0.079	0.026	0.192	3.032	0.006	0.025	0.132
	SBGR	1.034	0.109	0.464	9.507	< .001	0.809	1.258
	PIB_LAG2	-10.784	3.109	-0.223	-3.469	0.002	-17.214	-4.353
	IBOVESPA	-0.261	0.034	-0.487	-7.614	< .001	-0.332	-0.190
	SBSP	0.923	0.215	0.159	4.287	< .001	0.478	1.368
	SBKP	-0.065	0.025	-0.130	-2.602	0.016	-0.116	-0.013
	SBKP_PASSAG	10.364	2.625	0.188	3.948	< .001	4.934	15.794
	CIA_SBKP	0.291	0.107	0.121	2.730	0.012	0.071	0.512

Note. The following covariates were considered but not included: GDP, IPCA, DOLAR_LAG4, SBGR_PASSAG, SBSP_PASSAG, CIA_SBGR, CIA_SBSP.

Fonte: Autor (2020)

O coeficiente de determinação dos modelos foi considerado bom em todos os modelos, naturalmente, tendo seu valor aumentado proporcionalmente a quantidade de variáveis acrescidas nos modelos.

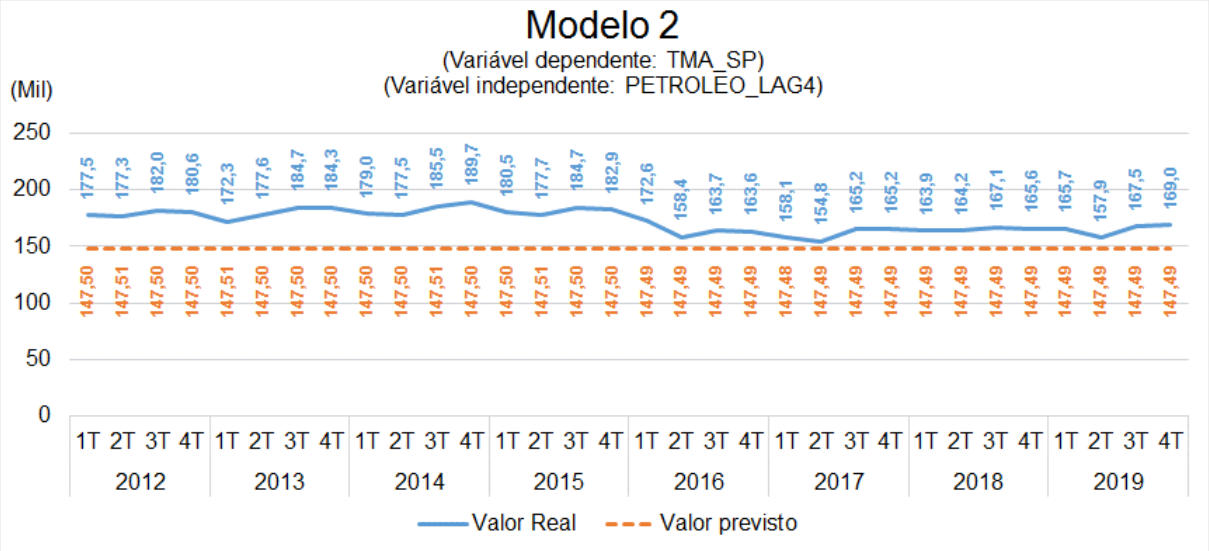
O teste *t-Student* possui a intenção de analisar se as variáveis usadas no modelo são, de fato, significantes, ou se poderiam ser retiradas do modelo, sem prejuízos. Todas as variáveis foram significantes (*p-value* < 0,05) dentro da configuração de cada modelo. Isso significa que são variáveis boas para o modelo, ou seja, são adições significativas que devem ser mantidas em cada modelo.

Para verificar a presença da autocorrelação nos modelos, foram analisados os valores da estatística teste d, a quantidade de variáveis de cada modelo e comparados com a tabela de *Durbin-Watson* (anexo A). A partir daí, foi verificada ausência de autocorrelação no modelo 2 e a presença de autocorrelação nos modelos 3 e 4. Nos modelos de 5 à 9, o d calculado ficou na zona de indecisão, onde não há uma certeza sobre a presença ou ausência de autocorrelação.

De acordo com a análise dos resultados, o modelo 2, a princípio, é o que parece estar dentro das premissas das regressões. No entanto, diante do dilema de apresentar um modelo que respeite as premissas da técnica utiliza, dentro do princípio da parcimônia da simplicidade, e buscando algo que realmente represente a variável dependente da forma mais próxima possível da realidade, tomou-se a decisão de oferecer como alternativa ao modelo inicialmente definido, a sugestão da análise do modelo 5, ciente de que pode haver autocorrelação entre a variável dependente e alguma variável explicativa. Lembrando que a presença de autocorrelação não foi confirmada pelo teste. Nesse caso, recomenda-se verificar a aderência dos dois modelos em questão para auxiliar na definição do modelo final.

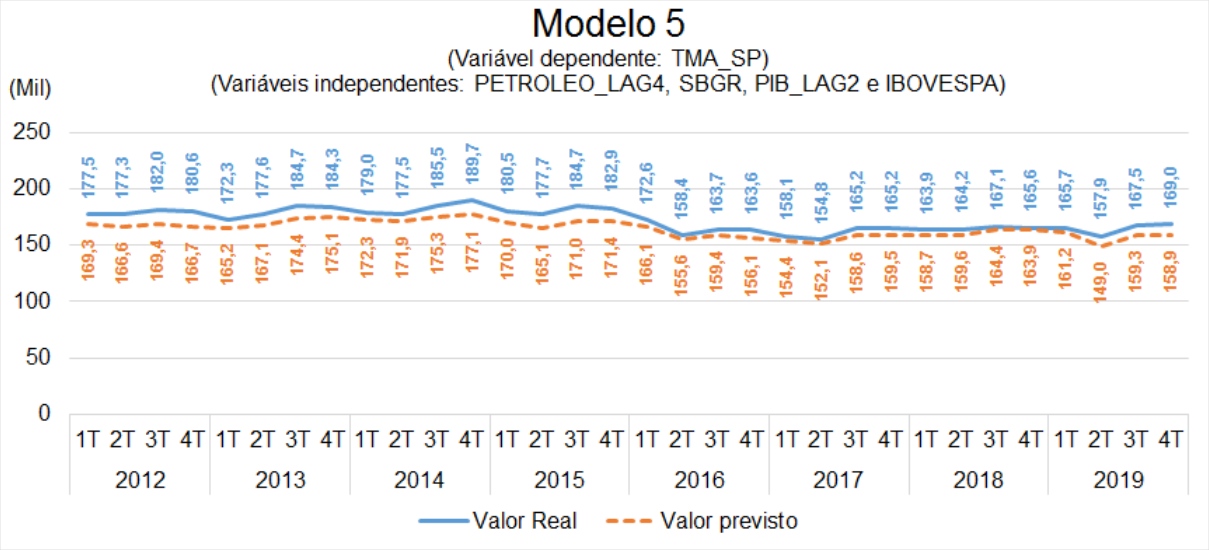
Para testar a aderência dos modelos 2 e 5, foram analisados os gráficos 20 e 21, com o comparativo entre os valores reais e os valores previstos pelos respectivos modelos. Esta comparação, entre os anos de 2012 e 2019, demonstra o quão aderentes são os modelos, ou seja, se os modelos apresentam ou não resultados próximos aos ocorridos.

Gráfico 20 - Comparativo entre valores reais e previstos pelo modelo 2 (2012 e 2019).



Fonte: Autor (2020)

Gráfico 21 - Comparativo entre valores reais e previstos pelo modelo 5 (2012 e 2019).



Fonte: Autor (2020)

Conforme observado nos gráficos 20 e 21, o modelo 5 apresentou-se mais aderente do que o modelo 2, ou seja, os valores previstos pelo modelo 5 ficaram mais próximos dos valores reais, do que os valores previstos pelo modelo 2. Considerando este fato e as análises feitas anteriormente, o modelo final, sugerido por esta pesquisa, é o modelo 5 composto pelas variáveis explicativas PETROLEO_LAG4, SBGR, PIB_LAG2 e IBOVESPA.

CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa teve como objetivo analisar o setor de transporte aéreo apontando alguns fatores, internos e externos, que influenciam direta ou indiretamente na demanda de aeronaves no espaço aéreo brasileiro. Além de identificar e analisar as variáveis socioeconômicas influentes na demanda de tráfego aéreo brasileira, buscou-se propor uma metodologia simples de previsão de demanda de tráfego aéreo. Nesta conclusão, serão abordados, de forma resumida, os principais aspectos estudados durante a pesquisa, bem como os métodos utilizados e as implicações no estudo.

Em um ambiente teórico, foram apresentados conceitos que compõem temas como navegação aérea, controle do espaço aéreo, estrutura do espaço aéreo brasileiro e previsão de demanda. Estes conceitos são considerados como uma espécie de genética do estudo, que servem como base para a compreensão do assunto “mãe” da pesquisa, o tráfego aéreo.

A busca pela definição de algumas variáveis socioeconômicas que influenciam na demanda de tráfego aéreo brasileiro, se deu através da análise de cenários econômicos global e nacional, com ênfase nas características principais do setor de transporte e nos efeitos causados por crises recentes que afetaram diretamente a situação econômica mundial. Vimos que o transporte aéreo está intimamente ligado à economia, acompanhando seu comportamento de alta ou de baixa. Sabe-se que as crises econômicas provocam, entre outras coisas, perdas financeiras e diminuição da renda do consumidor. Este fato contribui para a redução da demanda pelo transporte aéreo que é um dos mais caros entre os meios de transportes. Ainda acerca do tema das crises econômicas, segundo SILVA, L.M.A., um estudo do Banco Mundial (“Assegurando nosso futuro em uma economia global”) evidencia que:

> ... evidencia que países como o Brasil estão particularmente expostos à volatilidade dos fluxos internacionais de capital, e a principal conclusão é que o nosso continente potencializa crises econômicas, porque seus sistemas financeiros não estão rigidamente controlados como os de outras regiões, onde os governos são mais austeros. (SILVA, 2000, p. 143).

A crise econômica mais recente que ainda estamos vivendo, causada pela pandemia da COVID-19, impactou negativamente a demanda de diversos setores, incluindo a do transporte aéreo. Assim como esse fato ocorreu repentinamente, muitos outros, em diferentes momentos da história, aconteceram inesperadamente causando volatilidade às economias ao redor do mundo. A súbita aparição de um evento improvável ou até inimaginável é inerente a condição humana. Em outras palavras, podemos dizer que um evento inesperado pode ocorrer a qualquer momento sem aviso prévio. Nos tempos atuais, estamos diante de uma crise global de origem sanitária, tendo como consequência uma crise econômica, que afeta a população mundial de forma severa, provocando perda de empregos, redução ou ausência de renda, além de centenas de milhares de vidas perdidas.

Diante de um cenário de extrema instabilidade, peço licença para expressar a minha humilde opinião sobre a previsão de demanda de tráfego aéreo a partir do ano de 2020. Considera-se válida a metodologia de previsão apresentada neste estudo, tendo como foco a aderência da curva prevista à curva real, mantidas as mesmas condições dos dados históricos. No entanto, julga-se que o método proposto pode sofrer a influência de fatores externos inesperados. Como não foram inseridas no método variáveis que consideram riscos ou danos de crises, por exemplo, eu, como pesquisadora, me reservo ao direito de não me comprometer em prever a demanda a partir de 2020.

Ainda assim, nesse contexto, acredita-se que foram atendidos os objetivos específicos apresentados na Introdução e confirmada a hipótese de que é possível apontar fatores que influenciam na demanda de tráfego aéreo por meio de um modelo preditivo simples, uma vez que se identificaram as principais variáveis influentes na demanda, dentre as selecionadas para o estudo.

O método de previsão de demanda proposto considerou a avaliação de variáveis macro e microeconômicas para formação de um modelo econométrico que seguiu o princípio da parcimônia que opta pela escolha do modelo de regressão mais simples possível dentre os modelos gerados, tendo em vista que a simplicidade é um critério desejável da pesquisa. Além de respeitar este princípio e as premissas da técnica de previsão utilizada, buscou-se apresentar um modelo cujos valores previstos

fossem os mais próximos possíveis dos valores reais, dentre os modelos comparados no estudo.

A metodologia de previsão baseou-se na análise das variáveis selecionadas e no uso de um conjunto de técnicas estatísticas. Além de avaliar as estatísticas descritivas de cada variável, foi necessário identificar qual era o período de cada variável macroeconômica que mais se relacionava com a variável dependente. Para isso, foram avaliadas as matrizes de correlação entre as variáveis e comparadas ao modelo de regressão múltipla de cada conjunto de variáveis.

Somente após a definição das variáveis foi possível avançar para etapa de processamento da regressão linear múltipla e seus respectivos testes para determinação do modelo final. O objetivo da análise de regressão linear múltipla é usar as variáveis independentes, cujos valores são conhecidos, para prever os valores da variável resposta. Esta técnica diz respeito ao estudo de dependência entre a variável dependente e as variáveis independentes. Nesta fase da pesquisa, também foram avaliados os coeficientes de correlação e os níveis de significância das variáveis através da matriz de correlação.

A aplicação da metodologia se deu através de um estudo de caso que considerou dados de movimentos de aeronaves numa região do espaço aéreo brasileiro chamada de Terminal São Paulo (TMA-SP). Tal região é a porção mais movimentada do espaço aéreo brasileiro. No entanto, o método utilizado pode ser estendido à outras regiões do espaço aéreo brasileiro, respeitando-se as particularidades de cada localidade, e, obviamente, considerando os principais aeroportos locais.

O modelo final proposto nesta pesquisa apresenta um conjunto de quatro variáveis independentes que melhor explicam a variável resposta. Tais variáveis são: o preço médio do barril de petróleo bruto WTI (PETROLEO_LAG4), em dólares, na 4ª defasagem; o movimento de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (SBGR); o Produto Interno Bruto (PIB_LAG2), na 2ª defasagem; e o Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA). A forma geral do modelo econométrico é mostrada na equação matemática 3:

$$TMA\text{-}SP = \beta_1 + \beta_2 \cdot PETROLEO_LAG4 + \beta_3 \cdot SBGR + \beta_4 \cdot PIB_LAG2 + \beta_5 \cdot IBOVESPA + \varepsilon \qquad (3)$$

cujos $\beta_{1\ a\ 5}$ são os parâmetros estimados e ε, o erro aleatório. De forma direta e resumida, o modelo quer dizer que o comportamento da variável resposta depende do comportamento do conjunto de variáveis independentes que nele aparecem. Diante do modelo apresentado é confirmada a hipótese da pesquisa de que um modelo preditivo simples pode apontar fatores que influenciam na demanda de tráfego aéreo.

Acredita-se que o modelo final proposto pode representar uma orientação para os tomadores de decisão no que concerne a avaliação da demanda de tráfego no espaço aéreo brasileiro. Esta pesquisa, pretende, também, contribuir como fonte para o assessoramento de autoridades civis e militares sobre a necessidade de observar a demanda pelo transporte aéreo com o auxílio de indicadores econômicos nacionais e globais, além dos indicadores específicos do setor, propiciando, assim, um planejamento mais abrangente de ações públicas e privadas em benefício do setor de transporte aéreo brasileiro.

Este trabalho não esgota o assunto e, por isso, considera-se importante que a demanda de tráfego aéreo seja objeto de novas análises, em estudos futuros, uma vez que são abordados temas que estão em constante evolução. Sugere-se pensar na inclusão de novas variáveis independentes na modelagem, bem como, na avaliação do uso de outras técnicas de previsão que possam aumentar a aderência do modelo e, até mesmo, melhorar o processamento. Ademais, a inclusão de variáveis que considerem riscos de eventos inesperados ou danos de crises poderão contribuir ainda mais para o tema.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Marcos Cintra Cavalcanti de. **Microeconomia:** teoria do mercado, teoria do consumidor, economia de empresas. São Paulo: McGRAW-HILL, 1986.

ANAC. **Demanda e oferta do transporte aéreo.** Brasília, 2020a. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/empresas/envio-de-informacoes/relatorio-demanda-e-oferta-do-transporte-aereo-empresas-brasileiras. Acesso em: 29 set. 2020.

ANAC. **Mercado aéreo em 2019: maior número de passageiros transportados da série histórica.** Brasília, 2020b. Disponível em: https://www.anac.gov.br/noticias/2020/mercado-aereo-registra-maior-numero-de-passageiros-transportados-da-serie-historica. Acesso em: 26 out. 2020.

ANAC. **Navegação Aérea.** Brasília, 2020c. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr656.htm. Acesso em: 24 abr. 2020.

ANAC. **Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).** Brasília, 6 abr. 2016. Disponível em: https://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci. Acesso em: 29 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PILOTOS DE HELICÓPETERO (ABRAPHE). **Nova circulação visual da TMA-SP.** São Paulo, 2015. 61 diapositivos. Disponível em: http://www.abraphe.org.br/9seminario/dia1-a-nova-circulacao-visual-em-sp-e-rj.pdf. Acesso em: 04 jun. 2020.

BENEDICTIS, Ricardo David. **Uso flexível do espaço aéreo:** estratégias, viabilidade e impactos na implementação. 2020. 35 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeroespaciais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea Brasileira, Rio de Janeiro, 2020.

BOVESPA. **Índice Bovespa (Ibovespa).** São Paulo, 2020. Disponível em: http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/ibovespa.htm. Acesso em: 22 fev. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Anuário estatístico de tráfego aéreo 2019**. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: http://portal.cgna.gov.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2019.pdf. Acesso em: 26 maio 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **CNS/ATM:** Comunicações, Navegação, Vigilância. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://www.decea.gov.br/sirius/index.php/2011/06/14/cnsatm-comunicacoes-navegacao-vigilancia. Acesso em: 26 dez. 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Espaço Aéreo Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em: https://www.decea.gov.br/?i=quem-somos&p=espaco-aereo-brasileiro. Acesso em: 24 abr. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Instituto Tecnológico da Aeronáutica:** tráfego aéreo. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.decea.gov.br/?i=quem-somos&p=o-decea. Acesso em: 25 abr. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Meios de Navegação Aérea.** Rio de Janeiro, 2020c. Disponível em: https://www.decea.gov.br/?i=atividades&p=meios-de-navegacao-aerea. Acesso em: 09 abr. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Tudo sobre os Controles de Aproximação (APP – Approach Control) brasileiros.** Rio de Janeiro, 2020d. Disponível em: https://www.decea.gov.br/blog/?p=950. Acesso em: 12 maio 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Nossas Unidades.** Rio de Janeiro, 2020e. Disponível em: https://www.decea.gov.br/?i=quem-somos&p=o-decea. Acesso em: 09 abr. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA n° 243/DGCEA, de 9 de novembro de 2016. Aprova a edição do Manual do Comando da Aeronáutica que trata da “Concepção de Emprego Operacional de Recursos do DECEA pela Força Aérea Brasileira” (MCA 63-18). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 203, 29 nov. 2016.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria nº 136/DGCEA, de 4 de setembro de 2018a. Aprova a reedição da ICA 100-22 Instrução sobre os “Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 159, 11 set. 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria nº 630/GC3, de 1º de dezembro de 2011. Aprova a reedição da Diretriz do Comando da Aeronáutica que estabelece a Concepção Operacional ATM Nacional (DCA 351-2). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 229, 5 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. **Política Nacional de Defesa.** [Brasília], 2012. Disponível em: https://www.defesa.gov.br/arquivos/estado_e_defesa/END-PND_Optimized.pdf. Acesso em 09 maio 2019.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Plano Aeroviário Nacional 2018-2038:** objetivos, estratégias e investimentos para desenvolvimento de transporte aéreo

brasileiro. Brasília, 2018b. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/pan2018_ebook.pdf. Acesso em: 10 mar. 2020.

BRYANT, Fred B.; Yarnold, Paul R. Principal components analysis and exploratory and confirmatory factor analysis. *In*: Grimm, L. G.; Yarnold, P. R. (Eds.). **Reading and understanding multivariate statistics**. Washington, DC: APA, 2000. cap. 4. p. 99-136.

DAVIS, Mark. M. *et al*. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FIELD, A. **Descobrindo a estatística usando o SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FÁVERO, Luiz Paulo *et al*. **Análise de dados:** modelagem multivariada para tomada de decisões. São Paulo: Elsevier, 2009.

FÁVERO, L. P. **O mercado imobiliário residencial da região metropolitana de São Paulo:** uma aplicação de modelos comercialização hedônica de regressão e correlação canônica. 2005. 134 f. Tese (Doutorado) − Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2008.

GUJARATI, D.N.; PORTER, D.C. **Econometria Básica**. 5. ed. Nova Iorque: Bookman, 2011.

HAIR, J. F. ; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.;. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E.; JUDGE, G. G. **Econometria**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

IBGE. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo:** IPCA. [*S. l.*], 2020a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=o-que-e. Acesso em: 19 maio 2020.

IBGE. **Produto Interno Bruto:** PIB. [*S. l.*], 2020b. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php. Acesso em: 19 maio 2020.

IATA. **O valor do transporte aéreo no Brasil**. Montreal, 2019. Disponível em: https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/brazil--value-of-aviation/. Acesso em: 25 set. 2020.

ICAO. **About ICAO**. Montreal, 2014. Disponível em: https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx. Acesso em: 02 set. 2019.

ICAO. **COVID-19 air traffic dashboard**. Montreal, 2020. Disponível em: https://www.icao.int/sustainability/Pages/COVID-19-Air-Traffic-Dashboard.aspx. Acesso em: 27 set. 2020.

ICAO. **Economic contribution of civil aviation**. Montreal, 2011. Disponível em: https://www.icao.int/sustainability/Documents/EconContribution.pdf. Acesso em: 27 set. 2020.

ICAO. **2016-2030**: Global Air Navigation Plan: Doc 9750-AN/963. 5.ed. Montreal: ICAO, 2016.

ICAO. **Global Air Navigation Plan for CNS/ATN Systems:** Doc. 9750. 2. ed. Montreal: ICAO, 2002.

ICAO. **Global Air Traffic Management Operational Concept:** Doc. 9854. Montreal: ICAO, 2005.

ICAO. **Vision and Mission**. Montreal, 2014. Disponível em: https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/vision-and-mission.aspx. Acesso em: 20 fev. 2020.

IPEA. **Economia Mundial**. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/category/economia-mundial. Acesso em: 27 set. 2020.

IPEA. **Taxa de câmbio nominal.** [*S. l.*], 2020b. Disponível em: http://ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?serid=38389. Acesso em: 19 maio 2020.

KAZDA, A.; CAVES, R. E. **Airport design and operation**. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2007.

KLEM, L. Structural equation modeling. *In*: Grimm, L. G.; Yarnold, P. R. (Eds.). **Reading and understanding more multivariate statistics**. Washington, DC: APA, 2000. cap. 7. p. 227-260.

LIMA, E *et al*. **O Guardião**. Rio de Janeiro: Nova Aliança, 2017.

MAKRIDAKIS, S. **Metaforecasting: ways of improving forecasting accuracy and usefulness**. Oxford: Elsevier, 1998. International Journal of Forecasting, v. 4.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

MENDES, C. M. *et al.* **Introdução à Economia**. 3.ed. Florianópolis: PNAP, 2015.

POPPER, K. S. **A lógica da pesquisa científica**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1975.

SHAFER, S. M.; MEREDITH, J. R. **Operations managment**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

SILVA, L. M. A. **Instrumentalização do planejamento estratégico:** aplicação no setor aeroviário comercial brasileiro. 2000. 143 f. Tese (Doutorado) − Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SILVA, L. M. A. **Tomada de decisões em pequenas empresas**. São Paulo: Cobra Editora e Marketing, 2004.

SULL, D.; EISENHARDT, K. M. **Regras simples:** como viver tranquilo e organizado em um mundo cada vez mais complexo. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017.

TANEJA, N. **Airline Traffic Forecasting**. Massachusetts: Lexington Books, 1978.

WASHINGTON, M. **Introdução à Aviação Civil**. Rio de Janeiro: Fundação SDTP, 2019. Disponível em: https://www.sdtp.org.br/biblioteca/Introducao-Aviacao-Civil-2019.pdf Acesso em: 26 set. 2020.

WORLD BANK. **GDP (current US$).** Washington, 2020a. Disponível em: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD. Acesso em: 19 maio 2020.

WORLD BANK. **The global economic outlook during the COVID-19 pandemic:** a changed world. Washington, 8 june 2020b. Disponível em: https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/06/08/the-global-economic-outlook-during-the-covid-19-pandemic-a-changed-world. Acesso em: 19 maio 2020.

ANEXO A

Estatística d de Durbin-Watson: pontos de significância de d_L e d_U em níveis de significância de 0,05

	$k'=1$		$k'=2$		$k'=3$		$k'=4$		$k'=5$		$k'=6$		$k'=7$		$k'=8$		$k'=9$		$k'=10$	
n	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U
6	0,610	1,400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	0,700	1,356	0,467	1,896	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0,763	1,332	0,559	1,777	0,368	2,287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	0,824	1,320	0,629	1,699	0,455	2,128	0,296	2,588	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0,879	1,320	0,697	1,641	0,525	2,016	0,376	2,414	0,243	2,822	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	0,927	1,324	0,658	1,604	0,595	1,928	0,444	2,283	0,316	2,645	0,203	3,005	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0,971	1,331	0,812	1,579	0,658	1,864	0,512	2,177	0,379	2,506	0,268	2,832	0,171	3,149	—	—	—	—	—	—
13	1,010	1,340	0,861	1,562	0,715	1,816	0,574	2,094	0,445	2,390	0,328	2,692	0,230	2,985	0,147	3,266	—	—	—	—
14	1,045	1,350	0,905	1,551	0,767	1,779	0,632	2,030	0,505	2,296	0,389	2,572	0,286	2,848	0,200	3,111	0,127	3,360	—	—
15	1,077	1,361	0,946	1,543	0,814	1,750	0,685	1,977	0,562	2,220	0,447	2,472	0,343	2,727	0,251	2,979	0,175	3,216	0,111	3,438
16	1,106	1,371	0,982	1,539	0,857	1,728	0,734	1,935	0,615	2,157	0,502	2,388	0,398	2,624	0,304	2,860	0,222	3,090	0,155	3,304
17	1,133	1,381	1,015	1,536	0,897	1,710	0,779	1,900	0,664	2,104	0,554	2,318	0,451	2,537	0,356	2,757	0,272	2,975	0,198	3,184
18	1,158	1,391	1,046	1,535	0,933	1,696	0,820	1,872	0,710	2,060	0,603	2,257	0,502	2,461	0,407	2,667	0,321	2,873	0,244	3,073
19	1,180	1,401	1,074	1,536	0,967	1,685	0,859	1,848	0,752	2,023	0,649	2,206	0,549	2,396	0,456	2,589	0,369	2,783	0,290	2,974
20	1,201	1,411	1,100	1,537	0,998	1,676	0,894	1,828	0,792	1,991	0,692	2,162	0,595	2,339	0,502	2,521	0,416	2,704	0,336	2,885
21	1,221	1,420	1,125	1,538	1,026	1,669	0,927	1,812	0,829	1,964	0,732	2,124	0,637	2,290	0,547	2,460	0,461	2,633	0,380	2,806
22	1,239	1,429	1,147	1,541	1,053	1,664	0,958	1,797	0,863	1,940	0,769	2,090	0,677	2,246	0,588	2,407	0,504	2,571	0,424	2,734
23	1,257	1,437	1,168	1,543	1,078	1,660	0,986	1,785	0,895	1,920	0,804	2,061	0,715	2,208	0,628	2,360	0,545	2,514	0,465	2,670
24	1,273	1,446	1,188	1,546	1,101	1,656	1,013	1,775	0,925	1,902	0,837	2,035	0,751	2,174	0,666	2,318	0,584	2,464	0,506	2,613
25	1,288	1,454	1,206	1,550	1,123	1,654	1,038	1,767	0,953	1,886	0,868	2,012	0,784	2,144	0,702	2,280	0,621	2,419	0,544	2,560
26	1,302	1,461	1,224	1,553	1,143	1,652	1,062	1,759	0,979	1,873	0,897	1,992	0,816	2,117	0,735	2,246	0,657	2,379	0,581	2,513
27	1,316	1,469	1,240	1,556	1,162	1,651	1,084	1,753	1,004	1,861	0,925	1,974	0,845	2,093	0,767	2,216	0,691	2,342	0,616	2,470
28	1,328	1,476	1,255	1,560	1,181	1,650	1,104	1,747	1,028	1,850	0,951	1,958	0,874	2,071	0,798	2,188	0,723	2,309	0,650	2,431
29	1,341	1,483	1,270	1,563	1,198	1,650	1,124	1,743	1,050	1,841	0,975	1,944	0,900	2,052	0,826	2,164	0,753	2,278	0,682	2,396
30	1,352	1,489	1,284	1,567	1,214	1,650	1,143	1,739	1,071	1,833	0,998	1,931	0,926	2,034	0,854	2,141	0,782	2,251	0,712	2,363
31	1,363	1,496	1,297	1,570	1,229	1,650	1,160	1,735	1,090	1,825	1,020	1,920	0,950	2,018	0,879	2,120	0,810	2,226	0,741	2,333
32	1,373	1,502	1,309	1,574	1,244	1,650	1,177	1,732	1,109	1,819	1,041	1,909	0,972	2,004	0,904	2,102	0,836	2,203	0,769	2,306
33	1,383	1,508	1,321	1,577	1,258	1,651	1,193	1,730	1,127	1,813	1,061	1,900	0,994	1,991	0,927	2,085	0,861	2,181	0,795	2,281
34	1,393	1,514	1,333	1,580	1,271	1,652	1,208	1,728	1,144	1,808	1,080	1,891	1,015	1,979	0,950	2,069	0,885	2,162	0,821	2,257
35	1,402	1,519	1,343	1,584	1,283	1,653	1,222	1,726	1,160	1,803	1,097	1,884	1,034	1,967	0,971	2,054	0,908	2,144	0,845	2,236
36	1,411	1,525	1,354	1,587	1,295	1,654	1,236	1,724	1,175	1,799	1,114	1,877	1,053	1,957	0,991	2,041	0,930	2,127	0,868	2,216
37	1,419	1,530	1,364	1,590	1,307	1,655	1,249	1,723	1,190	1,795	1,131	1,870	1,071	1,948	1,011	2,029	0,951	2,112	0,891	2,198
38	1,427	1,535	1,373	1,594	1,318	1,656	1,261	1,722	1,204	1,792	1,146	1,864	1,088	1,939	1,029	2,017	0,970	2,098	0,912	2,180
39	1,435	1,540	1,382	1,597	1,328	1,658	1,273	1,722	1,218	1,789	1,161	1,859	1,104	1,932	1,047	2,007	0,990	2,085	0,932	2,164
40	1,442	1,544	1,391	1,600	1,338	1,659	1,285	1,721	1,230	1,786	1,175	1,854	1,120	1,924	1,064	1,997	1,008	2,072	0,952	2,149
45	1,475	1,566	1,430	1,615	1,383	1,666	1,336	1,720	1,287	1,776	1,238	1,835	1,189	1,895	1,139	1,958	1,089	2,022	1,038	2,088
50	1,503	1,585	1,462	1,628	1,421	1,674	1,378	1,721	1,335	1,771	1,291	1,822	1,246	1,875	1,201	1,930	1,156	1,986	1,110	2,044
55	1,528	1,601	1,490	1,641	1,452	1,681	1,414	1,724	1,374	1,768	1,334	1,814	1,294	1,861	1,253	1,909	1,212	1,959	1,170	2,010
60	1,549	1,616	1,514	1,652	1,480	1,689	1,444	1,727	1,408	1,767	1,372	1,808	1,335	1,850	1,298	1,894	1,260	1,939	1,222	1,984
65	1,567	1,629	1,536	1,662	1,503	1,696	1,471	1,731	1,438	1,767	1,404	1,805	1,370	1,843	1,336	1,882	1,301	1,923	1,266	1,964
70	1,583	1,641	1,554	1,672	1,525	1,703	1,494	1,735	1,464	1,768	1,433	1,802	1,401	1,837	1,369	1,873	1,337	1,910	1,305	1,948
75	1,598	1,652	1,571	1,680	1,543	1,709	1,515	1,739	1,487	1,770	1,458	1,801	1,428	1,834	1,399	1,867	1,369	1,901	1,339	1,935
80	1,611	1,662	1,586	1,688	1,560	1,715	1,534	1,743	1,507	1,772	1,480	1,801	1,453	1,831	1,425	1,861	1,397	1,893	1,369	1,925
85	1,624	1,671	1,600	1,696	1,575	1,721	1,550	1,747	1,525	1,774	1,500	1,801	1,474	1,829	1,448	1,857	1,422	1,886	1,396	1,916
90	1,635	1,679	1,612	1,703	1,589	1,726	1,566	1,751	1,542	1,776	1,518	1,801	1,494	1,827	1,469	1,854	1,445	1,881	1,420	1,909
95	1,645	1,687	1,623	1,709	1,602	1,732	1,579	1,755	1,557	1,778	1,535	1,802	1,512	1,827	1,489	1,852	1,465	1,877	1,442	1,903
100	1,654	1,694	1,634	1,715	1,613	1,736	1,592	1,758	1,571	1,780	1,550	1,803	1,528	1,826	1,506	1,850	1,484	1,874	1,462	1,898
150	1,720	1,746	1,706	1,760	1,693	1,774	1,679	1,788	1,665	1,802	1,651	1,817	1,637	1,832	1,622	1,847	1,608	1,862	1,594	1,877
200	1,758	1,778	1,748	1,789	1,738	1,799	1,728	1,810	1,718	1,820	1,707	1,831	1,697	1,841	1,686	1,852	1,675	1,863	1,665	1,874

Fonte: GUJARATI e PORTER, 2011, p. 885