

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

Rafael Amancio Diegues

**Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro a partir de dados
da ANAC via Análise Envoltória de Dados em Python**

São Carlos

2019

Rafael Amancio Diegues

**Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro a partir de dados
da ANAC via Análise Envoltória de Dados em Python**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Aeronáutica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Aeronáutico.

Orientador: Prof. Ricardo Afonso Angélico

São Carlos

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

A559a Amancio Diegues, Rafael
 Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro
a partir de dados da ANAC via Análise Envoltória de
Dados em Python / Rafael Amancio Diegues; orientador
Ricardo Afonso Angélico. São Carlos, 2019.

 Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica)
-- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, 2019.

 1. Aviação comercial. 2. Produtividade. 3. Linhas
Aéreas. 4. DEA. 5. Dados abertos. I. Título.

FORMULÁRIO PARA RELATÓRIO DE DEFESA DE TCC

Relatório de defesa pública de Trabalho de Conclusão de Curso da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

Nome: Rafael Amancio Diegues		Nº USP: 4633921
Orientador: Ricardo Afonso Angélico		Nº USP: 3691286
Título do TCC: Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro a partir de dados da ANAC via análise envoltória de dados em Python		
Curso / Disciplina: Engenharia Aeronáutica / SAA0346 - Trabalho de Conclusão de Curso		
Local da defesa: SAA	Data de defesa: 29/11/2019	Hora da defesa: 14:00:00

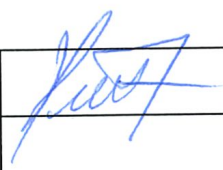
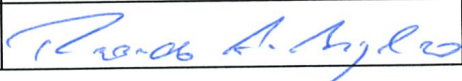
Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passou a palavra aos examinadores para as devidas arguições. Em seguida, a Comissão Julgadora proclamou o resultado:

	Banca Examinadora	Vínculo	Sigla Unidade	Nota
Membro	Hernan Dario Ceron Muñoz	SAA	EESC	10
Membro	Alvaro Martins Abdalla	SAA	EESC	9,5

Média= 9.8		
Resultado final	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado(a)	<input type="checkbox"/> Reprovado(a)
A banca examinadora recomenda a publicação do trabalho na BDTCC? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		



Recomendações da Banca Examinadora Correções no título do trabalho: <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Correções no texto: <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não

Outras recomendações da Banca Examinadora (usar o verso se necessário)

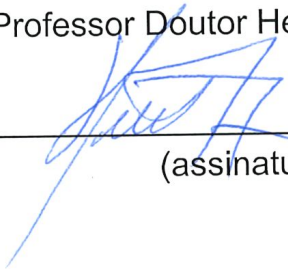
O presente relatório é assinado pelos(as) Senhores(as)	
Hernan Dario Ceron Muñoz	
Alvaro Martins Abdalla	
Ricardo Afonso Angélico (orientador)	

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Rafael Amancio Diegues
Título do TCC: Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro a partir de dados da ANAC via análise envoltória de dados em Pytton.
Data de defesa: 29/11/2019

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor Hernan Dario Ceron Muñoz 	APROVADO
Instituição: EESC - SAA	
Professor Doutor Alvaro Martins Abdalla 	APROVADO
Instituição: EESC - SAA	

Presidente da Banca: Professor Doutor Hernan Dario Ceron Muñoz

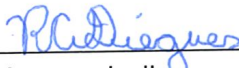


(assinatura)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos - BDTCC

Eu, Rafael Amancio Diegues, nacionalidade Brasileiro, documento de identidade nº 54486169-3, CPF 44205426836, nº USP 4633921, na qualidade de titular dos direitos morais e patrimoniais de autor que recaem sobre o meu Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado **Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro a partir de dados da ANAC via análise envoltória de dados em Pytton**, com fundamento nas disposições da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, **AUTORIZO** a Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo a publicar, em ambiente digital institucional, sem ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral da obra acima citada, em formato PDF, a título de divulgação da produção acadêmica de graduação e especialização, gerada pela Escola.


São Carlos, 29/11/2019

Assinatura: 
e-mail: rafaelamanciodiegues@gmail.com
Telefone: 16992349262

Tramitação na EESC/USP

A Biblioteca é responsável pela inclusão na BDTCC.

Orientador da Disciplina


Ricardo Afonso Angélico

Liberado para submissão online em: ____/____/____

Biblioteca

Recebido em: ____/____/____ por

Disponível na BDTCC em: ____/____/____ por

FORMULÁRIO PARA SUGESTÃO DE BANCA DE DEFESA DE TCC

Nome do Aluno: Rafael Amancio Diegues	
Ano de ingresso: 2014	Nº USP: 4633921
Curso / Disciplina: Engenharia Aeronáutica / SAA0346 - Trabalho de Conclusão de Curso	
Orientador: Ricardo Afonso Angélico	
Co-Orientador:	

LISTA DE NOMES SUGERIDOS

Nome: Hernan Dario Ceron Muñoz	Nº USP: 3763845
Telefone: 16 3373 8347	E-mail: hernan@sc.usp.br
Instituição de vínculo: EESC - SAA	Titulação: Professor Doutor

Nome: Alvaro Martins Abdalla	Nº USP: 2250560
Telefone: 16 3373 8613	E-mail: pfalvaro@sc.usp.br
Instituição de vínculo: EESC - SAA	Titulação: Professor Doutor

Data da defesa: 29/11/2019

Hora da defesa: 14:00:00

Assinatura do orientador: 
Ricardo Afonso Angélico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Criador, fonte de toda a sabedoria e beleza deste mundo.

Uma gratidão enorme transborda do meu coração para com meus familiares, para os quais dedico este meu trabalho. Minha mãe Rita, meu pai Márcio e minha irmã Júlia, que sempre me proporcionaram um lar farto em carinho.

Agradeço também a minha namorada, Isabela, pelo incentivo e cuidado. Dedico essa pesquisa também a minha tia Maria Helena que foi tão cuidadosa comigo desde meu início nos estudos. Além dela, homenageio minha avó Aparecida, *in Memoriam*.

Um agradecimento especial é dedicado à Escola de Engenharia de São Carlos e, em especial, ao Professor Ricardo, por terem contribuído sobremaneira à minha formação.

Além disso, agradeço aos amigos que estiveram comigo, tanto de infância quanto os que construí no período de graduação, em especial Lorhan, Eduardo e Caio. Sou grato pelo convívio sempre farto em aprendizados e alegrias.

“Quem tem um ‘porquê’ enfrenta qualquer ‘como’.”

Viktor Frankl

RESUMO

Diegues, R. A. **Análise do mercado de transporte aéreo brasileiro a partir de dados da ANAC via mineração de dados em Python**. 2019. 75p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

O transporte aéreo é essencial para conectar pessoas, melhorar a qualidade de vida e integrar regiões remotas, principalmente em um país de dimensões continentais como o Brasil. Questões econômicas justificam ou não para uma companhia aérea a conexão entre duas áreas, e muitos fatores podem influenciar na decisão de um novo destino ou não. As decisões relativas às perspectivas do mercado brasileiro devem ser tomadas com base na análise de informações de mercado e operações. Nesse contexto, a presente dissertação de graduação analisa o mercado brasileiro de transporte aéreo de 2010 a 2017 com base nos dados fornecidos pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). Esses dados fornecem o balanço patrimonial das principais companhias aéreas brasileiras no período mencionado, bem como permitem avaliar seu desempenho. Foi descrita uma visão geral do setor, caracterizando seus aspectos financeiros e operacionais, além de observar seu crescimento. Um modelo matemático da Análise Envoltória de Dados (DEA) foi utilizado para avaliar a produtividade relativa das empresas, bem como sugerir *benchmarks* e direções que podem levar a uma otimização dos parâmetros apresentados por uma companhia aérea. Além disso, foi criada uma correlação entre os resultados do modelo e os dados operacionais das empresas, levando em consideração suas características operacionais e modelos de negócios. As análises mostram algumas mudanças no setor, onde se destaca o aumento da eficiência energética, a expansão da malha aérea e o crescimento da demanda e da oferta. Apesar da ligeira queda em 2015, o setor estava crescente e mostrou sinais de retomada em 2017. O estudo de produtividade do setor de transporte aéreo pode ser inserido em um contexto de avaliação das empresas em relação a métricas e indicadores visando adaptar as estratégias operacionais para melhor operar no mercado de transporte aéreo.

Palavras-chave: Aviação comercial, produtividade, linhas aéreas, DEA.

ABSTRACT

Diegues, R. A. **Brazilian air traffic market analysis**. 2019. 75p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Air transportation is essential to connect people, to improve life quality, and to integrate remote regions, mainly in a country with continental dimensions as Brazil. Economic issues justify or not the connection of two areas for an airline company, and many factors can influence the decision of a new link or not. The decisions concerning the perspectives of the Brazilian market should be based on the analysis of market and operations information. In this context, the present undergraduate dissertation analyzes the Brazilian air transport market from 2010 up to 2017 based on data provided by ANAC (National Civil Aviation Council). This data furnishes the balance sheet of the leading Brazilian airlines in the mentioned period, as well as evaluating their operational performance. An overview of the sector was described, characterizing its financial and operational changes, besides observing its growth. A mathematical model of Data Envelopment Analysis (DEA) was used to evaluate the relative productivity of companies, as well as to suggest benchmarks and directions that may lead to an optimization of the parameters presented by an airline. Besides, a correlation between the results of the model with the operating data of companies was created, taking into account their operating characteristics and business models. The analyses show some changes in the sector, where it stands out the energy efficiency increases, the expansion of the air network, and the demand and offer growth. Despite the slight fall from 2015, the sector was growing and showed signs of resumption in 2017. The productivity study of the air transport sector may be inserted in a context of evaluation by the companies concerning metrics to adapt the operational strategies to better operate in the air transport market.

Keywords: Brazilian aviation market, Brazilian airlines, DEA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Impactos econômicos do conjunto das atividades características do Turismo no Brasil em 2017. Fonte: [ABEAR, 2017].	22
Figura 2 – Impactos econômicos da atividade do Transporte Aéreo no Brasil em 2017. Fonte: [ABEAR, 2017].	22
Figura 3 – <i>Market share</i> das 4 maiores empresas de transporte aéreo regular do Brasil. Fonte: [ABEAR, 2017].	23
Figura 4 – Composição das Receitas do Transporte Aéreo por Sub-Sector em 2007. Fonte: [Oliveira, 2009]	26
Figura 5 – Esboço dos modelos de arquitetura de rede de <i>Point-to-Point</i> e <i>Hub-Spoke</i> . Fonte: [Goodwin, 2008].	26
Figura 6 – Características dos modelos <i>Point-to-Point</i> e <i>Hub-Spoke</i> . Fonte: [Goodwin, 2008].	27
Figura 7 – Resultados da análise de DEA. Fonte: [Márcia Skalski, 2015].	29
Figura 8 – Voos regulares e não regulares domésticos, internacionais e totais de 2006 a 2016. Fonte: [CADE, 2017].	30
Figura 9 – Composição da receita de voo na indústria nacional aérea em 2015. Fonte: [CADE, 2017].	31
Figura 10 – Composição dos custos de voo na indústria nacional aérea em 2015. Fonte: [CADE, 2017].	31
Figura 11 – Tráfego aéreo global comparado ao Produto Interno Bruto durante o período. Fonte: [John, 2011]	33
Figura 12 – Análise DEA para um conjunto de empresas. Fonte: [Castro Casa Nova, 2015].	36
Figura 13 – Recorte do <i>template</i> do site da ANAC [ANAC, 2019]. Acessado em 11/11/2019.	41
Figura 14 – Indicadores macroeconômicos brasileiros.	45
Figura 15 – Evolução dos preços médios ponderados mensais praticados pelos produtores e importadores de querosene de aviação no Brasil e no Golfo do México. Fonte: [ABEAR, 2017].	46
Figura 16 – Oferta e demanda do mercado de transporte aéreo.	47
Figura 17 – <i>Load Factor</i> médio das companhias durante o período estudado.	48
Figura 18 – Número de decolagens e de passageiros transportados.	49
Figura 19 – Variação do <i>Stage Length</i> durante o período estudado.	50
Figura 20 – Variação da Eficiência Energética das linhas aéreas durante o período. . . .	50
Figura 21 – Análise da malha nacional de transporte aéreo.	51
Figura 22 – Variação da Receita das linhas aéreas obtida a partir da venda de passagens para destinos nacionais.	52
Figura 23 – Variação do índice HHI durante o período.	52
Figura 24 – Distribuição da receita das companhias aéreas.	53
Figura 25 – Distribuição do custo das companhias aéreas.	54
Figura 26 – Evolução da frota da Gol.	55

Figura 27 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Gol.	56
Figura 28 – Evolução da frota da Latam.	57
Figura 29 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Tam.	57
Figura 30 – Evolução da Avianca.	58
Figura 31 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Avianca.	58
Figura 32 – Evolução da Azul.	59
Figura 33 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Azul.	60
Figura 34 – Custo do Serviço de Bordo por voo para as linhas aéreas.	61
Figura 35 – Variação do <i>CASK</i> para as linhas aéreas durante o período.	61
Figura 36 – Variação do <i>Yield</i> para as linhas aéreas durante o período.	62
Figura 37 – Resultado de voo para as companhias aéreas.	63
Figura 38 – Resultado de <i>BELF</i> para as companhias no período.	63
Figura 39 – Resultado da taxa de ocupação, calculado como <i>LOADFACTOR – BELF</i>	64
Figura 40 – Análise da evolução das maiores rotas do país com relação ao número de passageiros transportados.	65
Figura 41 – Análise da evolução das maiores rotas do país com relação ao número de passageiros transportados. [Continuação]	66
Figura 42 – Análise da evolução das maiores rotas do país com relação ao número de passageiros transportados. [Continuação]	67
Figura 43 – Resultado da análise de DEA.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Matriz de correlação entre produtividade isolada dos fatores do transporte aéreo brasileiro e suas principais variáveis explicativas. Fonte: [de Araújo Junior, 2004].	28
Tabela 2	– Comparação entre FSC e LCC. Fonte: [Myre, 2015].	32
Tabela 3	– Estudos anteriores sobre cálculo da eficiência das linhas aéreas. Fonte: [Almas Heshmati, 2016].	35

SUMÁRIO

	Lista de tabelas	17
	1 INTRODUÇÃO	21
1.1	Objetivos	23
	2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1	Análise inicial	25
2.1.1	Linha do tempo	33
2.2	Produtividade	34
2.2.1	Definição	34
2.2.1.1	Modelagem estatística	35
	3 METODOLOGIA	39
3.1	Definição das variáveis	39
3.2	Base de Dados	40
3.2.1	Base de Dados Estatísticos do Transporte Aéreo	41
3.2.1.1	Demonstrações Contábeis de Empresas Aéreas Brasileiras	42
3.2.2	Frota	43
3.3	Ferramentas computacionais	43
3.3.1	Pandas	44
3.3.2	Dask	44
3.3.3	Matplotlib	44
3.3.4	Basemap	44
3.3.5	DEA	44
	4 RESULTADOS	45
4.1	Análise inicial	45
4.1.1	Indicadores globais e nacionais	45
4.1.2	Panorama operacional	46
4.1.2.1	Rotas	49
4.1.3	Panorama financeiro	51
4.1.4	Linhas Aéreas	55
4.1.4.1	Gol	55
4.1.4.2	Tam	56
4.1.4.3	Avianca	57
4.1.4.4	Azul	59
4.2	Análise comparativa	60
4.2.1	Resultados financeiros	60
4.2.2	Rotas	64
4.3	Produtividade	68

5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	71
----------	--------------------------------------------	-----------

	REFERÊNCIAS	73
--	------------------------------	-----------

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A aviação é um setor relativamente recente na história da humanidade, bem como do Brasil, tendo sido em 1910 a primeira vez que uma aeronave voava no país e, apenas em 1927 que iniciou-se o transporte de passageiros e, portanto, a aviação comercial civil [Veiga, 2010]. Apesar de seu recente desenvolvimento, o setor da aviação conta com tecnologia de ponta e grande foco em oferecer um serviço seguro, procurando facilitar o acesso de pessoas a um transporte mais veloz e que cobre cada vez maiores distâncias, até a possibilidade de transportar cargas e alimentos. Além disso, uma sociedade cada vez mais globalizada requer um sistema de transporte que integre diversas economias e possibilite cada vez mais a troca de mercadorias e o intercâmbio de culturas. Como consequência também, empregos são criados e a economia é intensificada, gerando valor e riqueza para a sociedade.

A aviação é essencial para o setor de turismo, sendo fortemente influenciada por ele. Deve-se salientar que o serviço oferecido pela aviação é um transporte, sendo uma atividade meio, proporcionando locomoção para ir de um local a outro, e não uma atividade fim. Desta forma, crises em outros setores da economia, como o turismo, também geram forte impacto nos rendimentos obtidos pelos agentes que atuam no setor da aviação. A Organização Mundial de Turismo (em inglês, *World Tourism Organization* – UNWTO) define o turismo como:

Conjunto de atividades que as pessoas realizam durante suas viagens e estadas em lugares fora de seu entorno habitual, por um período inferior a um ano, com fins de lazer, negócios e outros motivos não relacionados com o exercício de atividade remunerada no lugar visitado.

Os valores gerados pelo setor de turismo, direta e indiretamente, equivalem a 10,4% do PIB global no ano de 2017: cerca de US\$ 8,3 trilhões. Além disso, um em cada dez empregos gerados no mundo relacionam-se com o setor [ABEAR, 2017]. Para o mesmo ano, no Brasil, o setor contribuiu com 3,6% do PIB e 4,2% dos empregos formais e informais, havendo espaço para expansão quando se comparam os dados nacionais com os mundiais.



Figura 1 – Impactos econômicos do conjunto das atividades características do Turismo no Brasil em 2017. Fonte: [ABEAR, 2017].

Dentro do setor de turismo, encontra-se a aviação comercial, contribuindo como transporte aéreo e suportando o deslocamento de pessoas e cargas pelos mais diversos territórios. O setor aéreo contribuiu com R\$ 124,2 bilhões para o PIB brasileiro em 2017, equivalente a 1,9% do total.

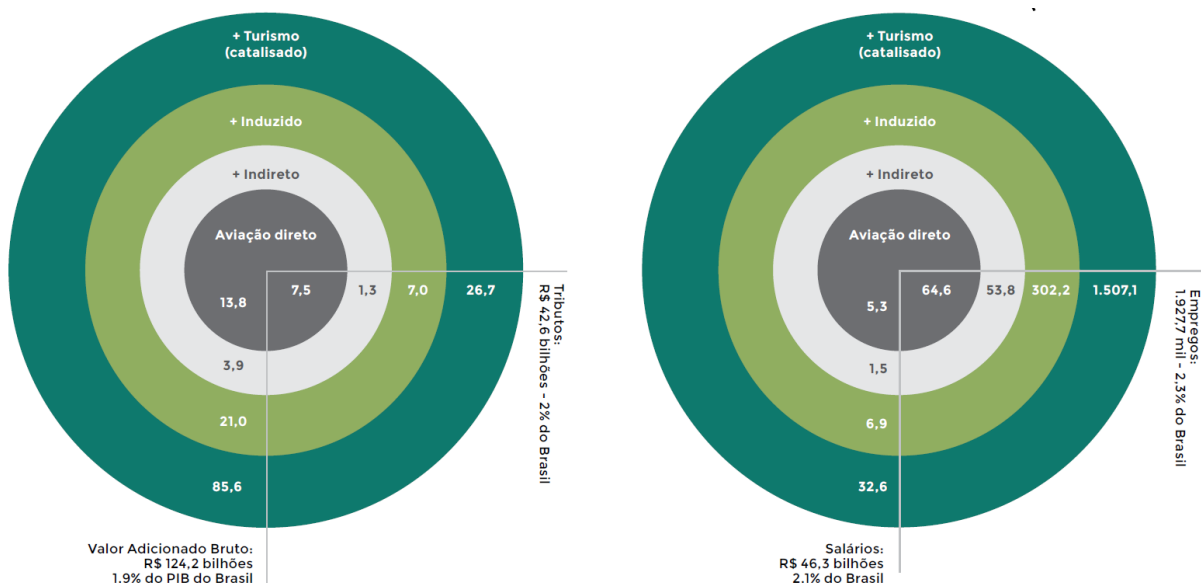


Figura 2 – Impactos econômicos da atividade do Transporte Aéreo no Brasil em 2017. Fonte: [ABEAR, 2017].

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, o setor do transporte aéreo desempenha papel de destaque, conectando diversas regiões por meio do mercado da aviação comercial civil. Além disso, é destaque importante que no país há uma das maiores fabricantes de aviões, a EMBRAER, concentrando seus produtos em aviões de médio porte (70-130 assentos), além da linha de defesa e executiva. Pode-se também acrescentar para uma visão geral do quadro do setor a presença de muitas companhias sólidas e também a chegada de empresas *low-cost* [Época Negócios, 2019] no país, trazendo novas tendências e maior dinamismo ao setor.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise da produtividade das principais linhas aéreas brasileiras a partir de dados disponibilizados pela ANAC via Análise Envolvória de Dados (DEA). Para isso, serão analisados os dados das principais companhias aéreas que operam no Brasil e será desenvolvida uma ferramenta em Python tratamento dos dados e compilação dos resultados.

As linhas aéreas escolhidas para a análise foram:

- Tam
- Gol
- Azul
- Avianca

A escolha baseou-se na participação dessas empresas no mercado de transporte aéreo, dividindo entre si quase a totalidade da participação na oferta e demanda durante o período de 2016 e 2017, conforme a Figura 3. Essa hegemonia foi observada também em períodos anteriores.

O período escolhido para ser analisado foi de 2010 a 2017, dada a disponibilidade e integridade dos dados, que estão detalhados na seção 3.2.

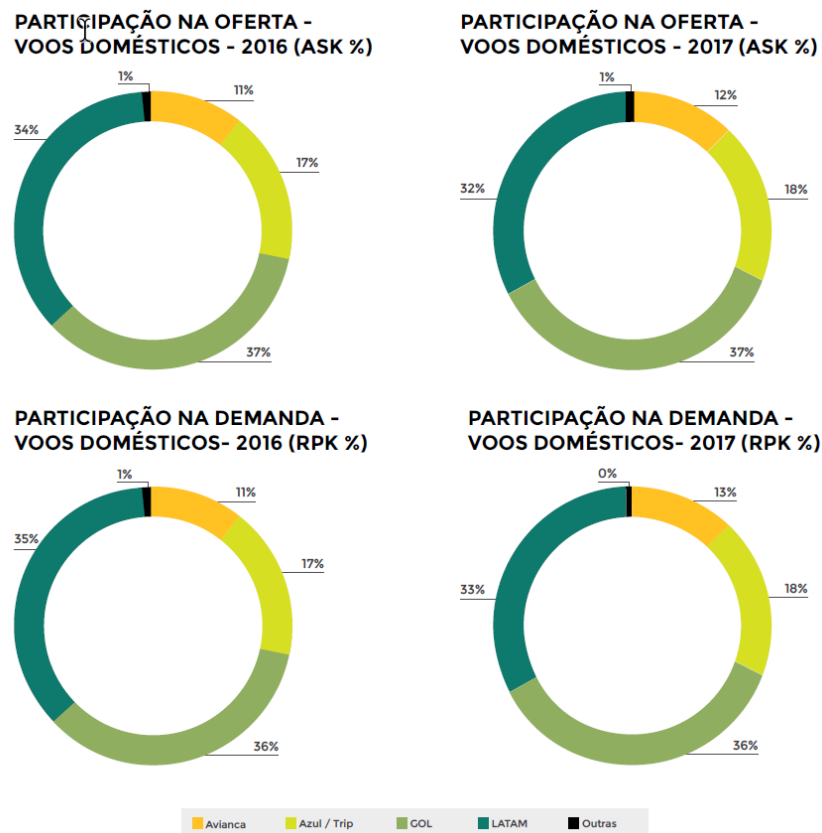


Figura 3 – *Market share* das 4 maiores empresas de transporte aéreo regular do Brasil. Fonte: [ABEAR, 2017].

As análises que foram realizadas englobam dados operacionais e financeiros das empresas,

que serão definidos na seção 3.2, obtidos de [ANAC, 2019], buscando avaliar a produtividade das linhas aéreas brasileiras, buscando correlacionar os resultados de produtividade obtidos para as empresas com seus dados financeiros. Os dados operacionais também foram utilizados nas correlações, buscando-se estudar as mudanças operacionais de rota, frota e organização que as empresas realizaram durante o período analisado.

Os estudos utilizaram o modelos matemático chamado DEA, detalhados na seção 2.

Por fim, criou-se um panorama de como se deu a evolução no setor, sua concorrência e avaliar possíveis estratégias adotadas pelas linhas aéreas para aprimorar sua atuação no mercado, que se apresenta como cada vez mais em expansão e competitivo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Análise inicial

Para a composição de um quadro econômico-operacional do setor de transporte aéreo regular no Brasil, faz-se necessário agrupar indicadores financeiros, operacionais e de frota acerca dos principais agentes atuantes na área.

Seguindo a linha de análise adotada em [GOMES, 2014] pode-se combinar indicadores para montar um panorama tanto a nível nacional quanto estudar cada empresa individualmente.

Encontra-se na literatura análises de séries de dados temporais do setor, como em [Yu, 1998], onde são levantados dados sobre o crescimento populacional, além de correlacioná-los com o aumento do transporte de passageiros e elencar dados de *yield* para diversos operadores internacionais. Além disso, uma extensa análise dos custos envolvidos nas atividades das empresas, discriminando as principais áreas, sendo combustível parte preponderante deste gasto das empresas e afetando radicalmente seus resultados operacionais. Além disso, é possível verificar um aumento do *Average Stage Length* para companhias americanas e europeias durante o período de 1980 a 1995, caracterizando expansão das rotas para maiores distâncias e contribuindo para o balanço econômico das empresas, uma vez que auxilia na diluição de seus custos fixos por voo e aumenta a utilização das aeronaves, diminuindo o *CASK* dado o aumento no *ASK*. Outro fator de grande impacto nos custos operacionais apontado no estudo é o *Load Factor*, indicando um grau maior ou menor de utilização da aeronave, impactando também os custos fixos de operação da aeronave e de serviço da tripulação.

No estudo realizado em [Oliveira, 2009] fica demonstrado a elevada taxa de crescimento do setor de transporte aéreo no Brasil, crescendo, a saber, a uma taxa de 7,7% ao ano em média durante o período de 2000 a 2007, enquanto o PIB nacional cresceu a uma taxa anual média de 2,9% para o mesmo período. Outro dado de grande interesse para o presente estudo é a apresentação da divisão das Receitas do Transporte Aéreo para o ano de 2007 em categorias, conforme a Figura 4. É possível verificar o grande peso que a receita de passagens tem sobre a economia das linhas aéreas.

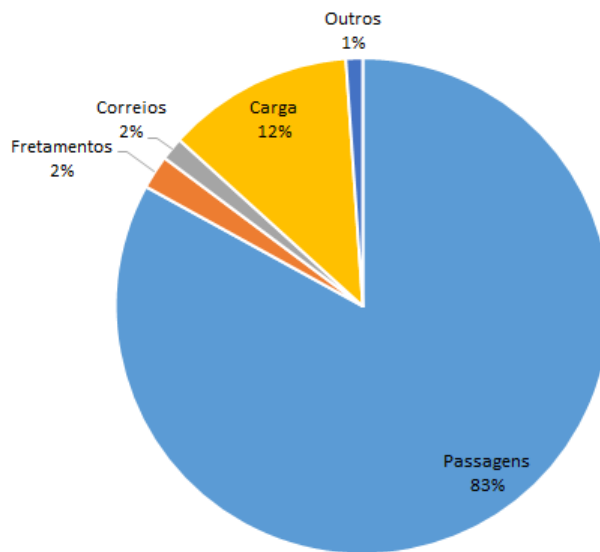


Figura 4 – Composição das Receitas do Transporte Aéreo por Sub-Sector em 2007. Fonte: [Oliveira, 2009]

Outra característica marcante do transporte aéreo, segundo [Oliveira, 2009], é o fato de possuir uma “demanda derivada” fortemente atrelada a outros fatores que impactam a cadeia produtiva, uma vez que o setor é geralmente utilizado como um meio de atingir um fim último, e não como um bem final. Por fim, outra análise que vale a pena ressaltar deste trabalho é um estudo com relação a adequação do modelo de negócios de companhias de acordo com a linha aérea, podendo ser do tipo *Point-to-Point*, conectada e distribuída, ou do tipo *Hub-Spoke*, mais localizada em certos aeroportos que conectam-se a outros destinos secundários.

Ainda com relação aos possíveis modelos de arquitetura para as *Network*, o estudo de Cook *et al.* [Goodwin, 2008] analisa o tipo de malha apresentada por empresas aéreas nos Estados Unidos, sendo agrupados gerlamente nos modelos *Point-to-Point* ou *Hub-Spoke*, que podem ser visualizados na Figura 5.

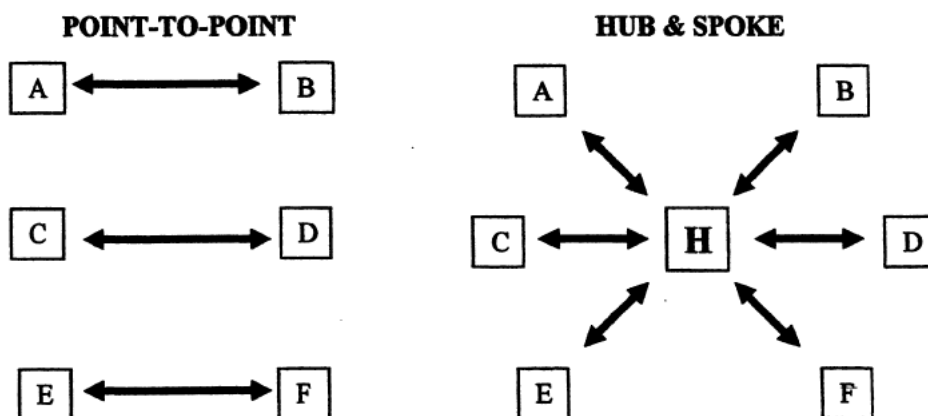


Figura 5 – Esboço dos modelos de arquitetura de rede de *Point-to-Point* e *Hub-Spoke*. Fonte: [Goodwin, 2008].

Uma comparação entre as características dos modelos de rede foi descrita, apresentando particularidades e vantagens/desvantagens de cada um dos tipos, conforme pode ser visto na Figura 6. Pontos importantes são o menor custo operacional na estratégia *Point-to-Point* dada a maior liberdade de rotas, requerendo, em contrapartida um mercado denso demandando o serviço para ser rentável, operando, por vezes também, em aeroportos secundários e com menores tarifas aeroportuárias.

Attribute	Hub and Spoke	Point-to-Point
Scope	Optimized by connecting service to wide geographical area and many destinations	Each route serves a single city-pair. Individual routes may be dispersed.
Connectivity	Most passengers connect at hub(s) for a continuing flight(s) to destination	No connections provided (although incidental or “rolling hub” connections are common)
Dependence	Each route highly dependent on other routes for connecting passengers	Routes operate independently, traffic is not affected by demand from other routes
Demand	Varying demand in any given city-pair may be offset by demand from other markets	Only varying frequency and pricing available to counter demand variance
Market Size	Efficiently serves cities of greatly varying size	Requires high density markets with at least one end-point being a high demand origin/destination
Frequency	Supports high daily frequency to all destinations	Generally lower frequency depending on market type and density
Pricing	Frequency and coverage appeal to business travelers providing a margin for higher business fares	Both business and leisure passengers are generally price-seeking
Asset Utilization	Limited by network geography, connection timing, and hub congestion	No network constraints on utilization
Cost of Operation	Hub connections significantly increase cost per available seat mile, somewhat offset by use of larger mainline aircraft	Lowest cost per available seat mile per city-pair
Fleet Requirement	Large range in seating capacity is necessary to match capacity with traffic, usually requires more than one fleet type	Suited to a single fleet type

Figura 6 – Características dos modelos *Point-to-Point* e *Hub-Spoke*. Fonte: [Goodwin, 2008].

Contribuindo com a análise dos fatores operacionais das linhas aéreas, tem-se em [Wensveen, 2011] a importância do parâmetro *Load Factor* para a saúde financeira da companhia, uma vez que os instrumentos utilizados por elas são de extremo valor agregado, uma aeronave e, também, de preço muito elevado, o que faz com que companhias que consigam ter um maior grau de utilização de suas aeronaves na frota podem diluir seus custos operacionais, onde cerca de aproximadamente 65% dos gastos são relacionados a operação das aeronaves, independentemente do número de passageiros. Desta forma, pode-se concluir que um elevado grau de *Load Factor* impacta muito positivamente a companhia, uma vez que aumenta sua receita, aumentando o volume de passagens vendidas, e diluindo seus custos fixos operacionais.

Em [de Araújo Junior, 2004] foi realizado uma análise da produtividade das linhas aéreas durante o período de 1995 a 2002, enfocando tanto a desregulamentação do setor quanto uma

análise de indicadores de produtividade para as linhas aéreas que atuavam no Brasil no período. É utilizado o método de DEA (*Data Envelopment Analysis*) para comparar a produtividade das linhas aéreas, além de se valer também de outro modelo, o de Produtividade Total dos Fatores, que divide os indicadores em três grupos: energia, mão de obra e capital. O estudo encontrou correlações entre as variáveis analisadas e a produtividade isolada dos fatores, Tabela 1. Deve-se salientar relações com correlação invertida entre produtividade de Capital e de Energia com relação a densidade de assentos e a velocidade média operacional, uma vez que elas contribuem positivamente para a utilização da aeronave e receita da companhia, porém requerem também maior consumo de combustível durante a operação.

Tabela 1 – Matriz de correlação entre produtividade isolada dos fatores do transporte aéreo brasileiro e suas principais variáveis explicativas. Fonte: [de Araújo Junior, 2004].

	Etapa média de voo	Taxa de ocupação da frota (%)	Utilização das aeronaves (Horas voadas)	Densidade de assentos (Assentos por aeronave)	Velocidade média operacional (km/h)	Número de funcionários
Produtividade de Capital	-0,3039	0,6575	0,6320	0,9062	0,9405	-
Produtividade de Energia	-0,4774	0,2623	0,4033	-0,8229	-0,8764	-
Produtividade de mão de obra	-	0,2397	-	-	-	-0,6078

Além desses resultados, outros resultados analisando as séries históricas de produtividade das empresas e suas mudanças de frota e estratégicas com o passar do tempo foram realizadas, demonstrando que mudanças operacionais traduzem-se no aumento de desempenho financeiro por parte das empresas, alocando de maneira mais apropriada seus recursos e otimizando o balanço entre receita, custos e lucro. Esse estudo realizado por Araújo [de Araújo Junior, 2004] será utilizado como base para nortear os estudos presentes a serem realizados, buscando-se comparar os resultados obtidos no período com os novos resultados obtidos uma década depois, para o período de 2010 a 2017.

Visando realizar um estudo comparativo sobre a eficiência de diferentes linhas aéreas que atuam no mercado brasileiro, Skalski *et al.* [Márcia Skalski, 2015] analisam a produtividade desses agentes atuantes no setor utilizando-se o modelo de DEA, sendo possível calcular a produtividade de cada empresa e definir *benchmarks* para as menos eficientes, Figura 7. Além disso, descreveram para os pontos em que as empresas eram menos eficientes possibilidades de melhor alocação de recursos, o que proporcionaria melhorias na produtividade. Esse modelo matemático será também utilizado neste trabalho e será descrito com maior profundidade teórica na seção 2.2.1.1.

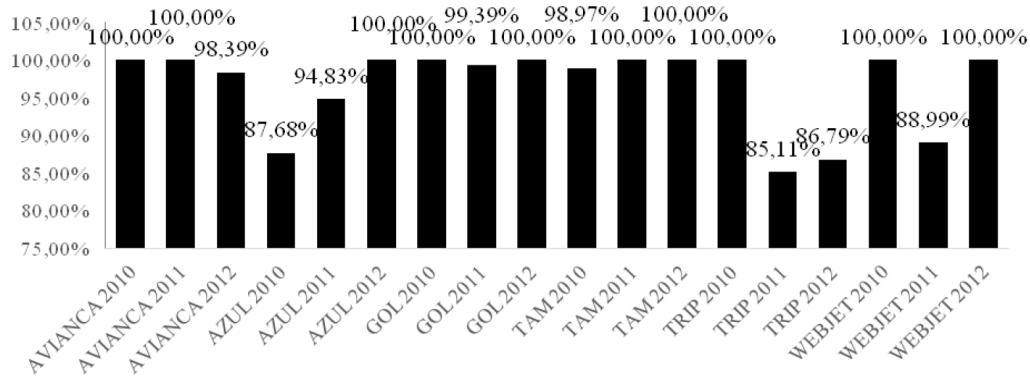


Figura 7 – Resultados da análise de DEA. Fonte: [Márcia Skalski, 2015].

Com foco especial para a análise de Balanços Patrimoniais e Demonstração do Resultado do Exercício (DRE) de empresas que atuam com transporte aéreo de passageiros, Rick Zeni [Zeni, 2013] possui uma série de vídeo-aulas que analisam os principais indicadores financeiros das companhias aéreas, além de buscar obter informações ao combinar indicadores, resultando em margens operacionais que indicam a porcentagem da receita operacional gerada. É possível assim tomar em conta os parâmetros atuais da companhia e sua série histórica para avaliar sua saúde financeira e evolução, além de ser possível analisar pontos de destaque que atravancam seu desenvolvimento e expansão.

Outro fator de grande importância é avaliar o grau de concentração dos mercados. Para isto, a metodologia adotada pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica [CADE, 2017] foi utilizar o índice Herfindahl–Hirschman (*HHI*), que consiste em um índice tradicional para cálculo do grau de concentração dos mercados e é calculado com base no somatório do quadrado das participações de mercado de todas as empresas de um dado mercado, conforme a equação 2.1.

$$HHI = \sum_{i=1}^N q_i^2 \quad (2.1)$$

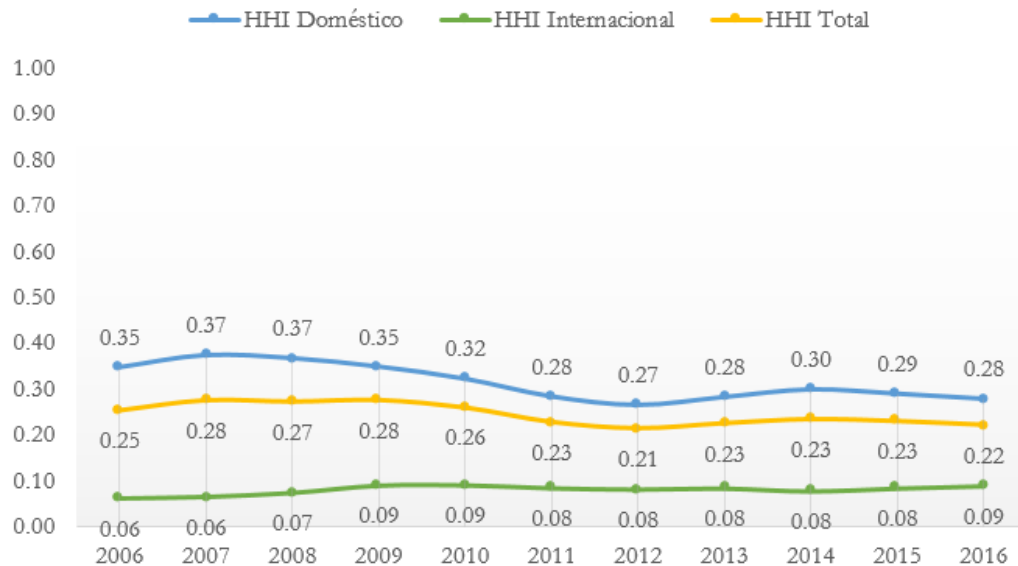
em que q_i é a quota de mercado da empresa i no mercado, e N é o número de empresas.

De acordo com o Departamento de Justiça dos Estados Unidos [of Justice, 2010], tem-se a seguinte classificação:

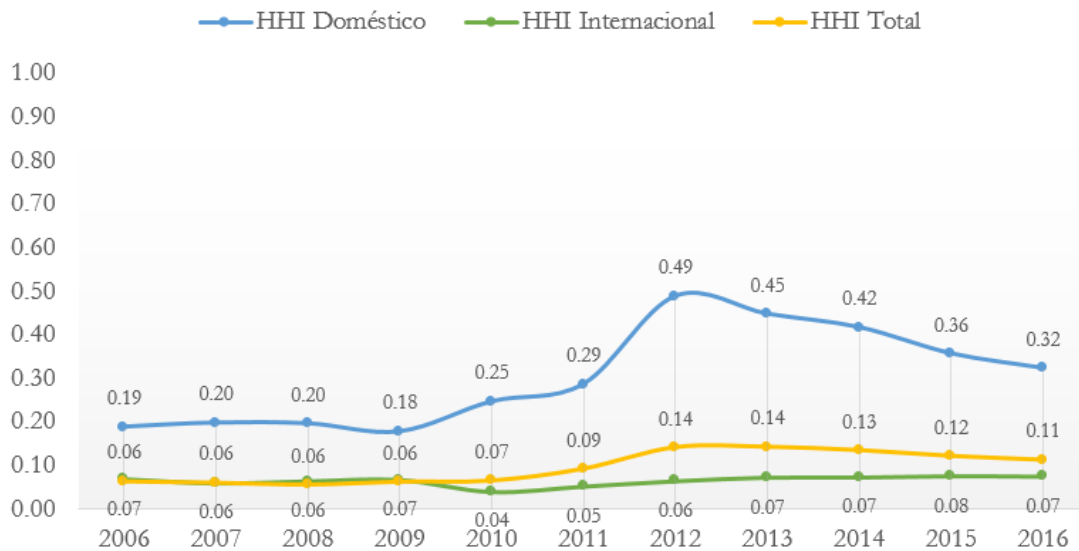
- *HHI* abaixo de 0,01 indica um mercado altamente concorrencial.
- *HHI* abaixo de 0,15 indica um setor não concentrado.
- *HHI* entre 0,15 e 0,25 indica uma concentração moderada.
- *HHI* acima de 0,25 indica uma elevada concentração.

A análise verificou que a participação das empresas aéreas no quantitativo total de passageiros pagos transportados sofreu alterações, mas ainda manteve níveis relativamente elevados de concentração de mercado no modal doméstico, embora os valores de *HHI* tenham caído de 0,35 para 0,28 em uma década, mas ainda permanecendo na faixa de alta concentração, Figura 8. Quanto ao cenário do transporte aéreo de cargas, pode-se dizer que este também possui características de concentração, tal como no cenário de passageiros. Em uma observação preliminar, tanto o *HHI* total como o *HHI* internacional aparentam ser baixos, Figura 8. Entretanto,

uma análise mais acurada, que observa o comportamento do HHI doméstico (que possui níveis elevados), merece ser detalhada: o maior grau de concentração do setor após o ano de 2012 reflete exatamente o período final de funcionamento do grupo VARIG, que detinha 40,31% do mercado 10 anos atrás, e ascensão do conglomerado Latam, responsável também pelas movimentações integradas da ABSA/Tam CARGO a partir de 2012.



(a) HHI de passageiros transportados.



(b) HHI de carga transportada.

Figura 8 – Voos regulares e não regulares domésticos, internacionais e totais de 2006 a 2016. Fonte: [CADE, 2017].

Os resultados com relação a composição das receitas das companhias também foi correspondente ao obtido em [Oliveira, 2009], apesar do período diferente, o que demonstra a importância da receita de passagens para o setor de transporte aéreo, Figura 9.

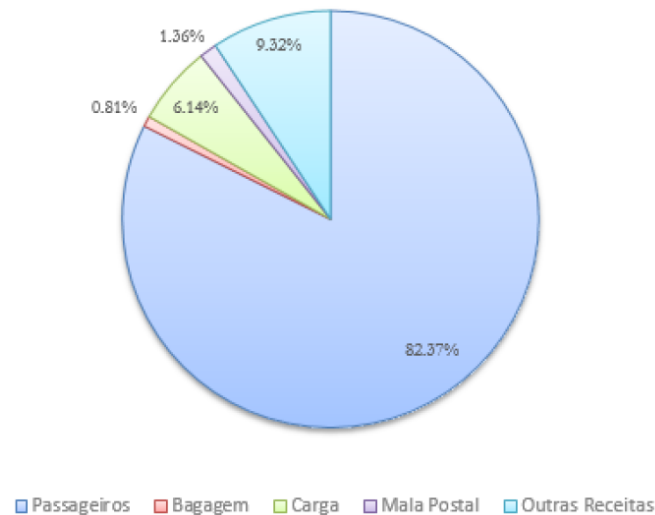


Figura 9 – Composição da receita de voo na indústria nacional aérea em 2015.
Fonte: [CADE, 2017].

Com relação a composição dos custos é possível notar a forte dependência do setor com relação ao custo dos combustíveis, essencial para as operações da linha aérea. Isso justifica a intensa busca por desenvolvimento de tecnologias que diminuam o consumo das aeronaves, possibilitando grande economia. Além disso, choque externos com relação ao combustível impactam sobremaneira o desempenho econômico das empresas de transporte aéreo.

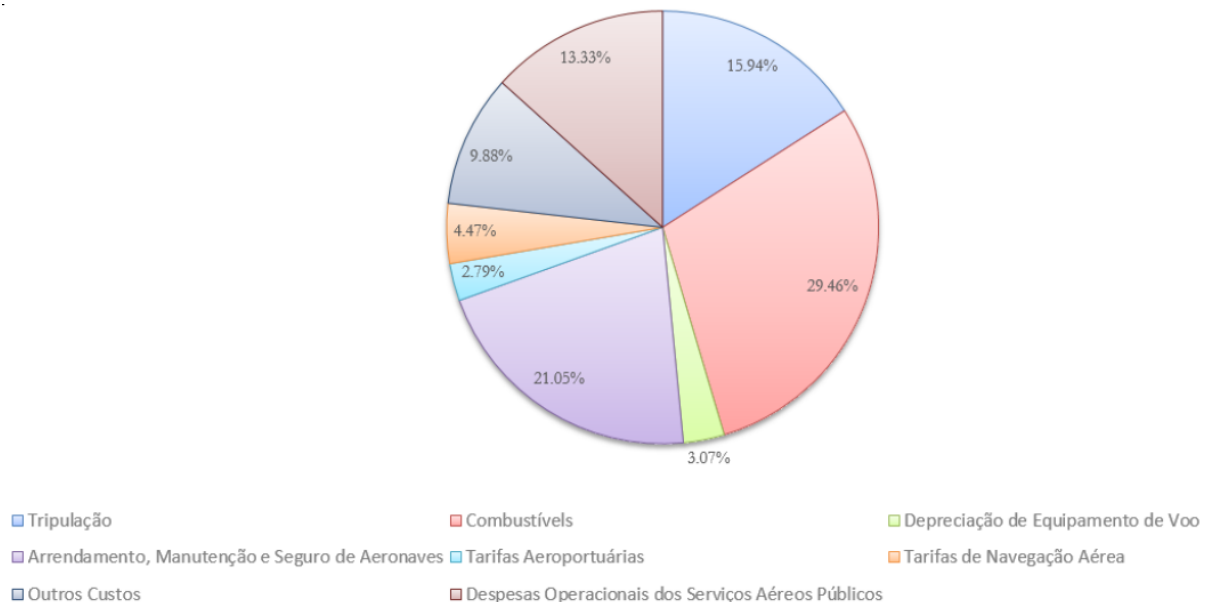


Figura 10 – Composição dos custos de voo na indústria nacional aérea em 2015.
Fonte: [CADE, 2017].

Myre [Myre, 2015] realizou um estudo de parâmetros das linhas aéreas analisando principalmente os indicadores financeiros com relação a performance das linhas aéreas. Foi também considerado o modelo de negócios específico de cada linha aérea, dentre eles:

- **FSC (*Full Service Carrier*)**: possuem como núcleo de seus serviços, além do transporte

de passageiros, o transporte de cargas além de se valerem de uma rede do tipo *Hub-and-Spoke* para atender o máximo de categorias de clientes possível.

- **LCC (*Low-Cost Carrier*)**: com modelo originalmente criado pela *Southwest Airlines* em 1970, tendo grande parte de sua receita advinda de serviço de alimentação a bordo, taxas para despacho de bagagens, marcação de assentos, impressão de cartões de embarque. Usam com maior frequência o modelo de rede *Point-to-Point*, tendo estabelecido suas bases em alguns aeroportos e podendo operar diretamente entre duas localizações, sem realizar escalas nos *Hubs*.

Continuando com a comparação entre FSC e LCC, o autor elaborou uma tabela com as principais características que diferenciam os dois modelos de negócio, Figura 2.

Tabela 2 – Comparação entre FSC e LCC. Fonte: [Myre, 2015].

Product feature	LCC	FSC
Core business	Passenger transportation	Passenger- and cargo transportation, and maintenance services
Network	Point- to- point	Hub- and- spoke
Alliances	No	Yes
Frequent flyer program	Mainly none, however all LCC in this thesis do offer various FFP	Yes
Target group	Leisure travellers, as well as price and time sensitive business travellers	Business and leisure travellers
Ticket prices	Simple pricing structure: Peak and off- peak. Cheaper tickets with early booking	Complex pricing structure: Yield Management
Sale channels	Online booking and direct booking	Travel agencies, electronic agents, online booking and airline call centre
Airports	Mainly secondary airports	Main airports
Fleet	Single type of aircraft	Multiple type's of aircrafts
Aircraft utilization	High	Moderate to high
Class segmentation	A single class	Multiple classes

Além disso, outra característica que merece grande atenção com relação ao setor é seu dinamismo e ciclos econômicos de altas e baixas, estando por vezes associado com crises econômicas mundiais e por vezes sofrendo com ataques terroristas, guerras ou epidemias, conforme Franke *et al.* [John, 2011] detalharam, Figura 11.

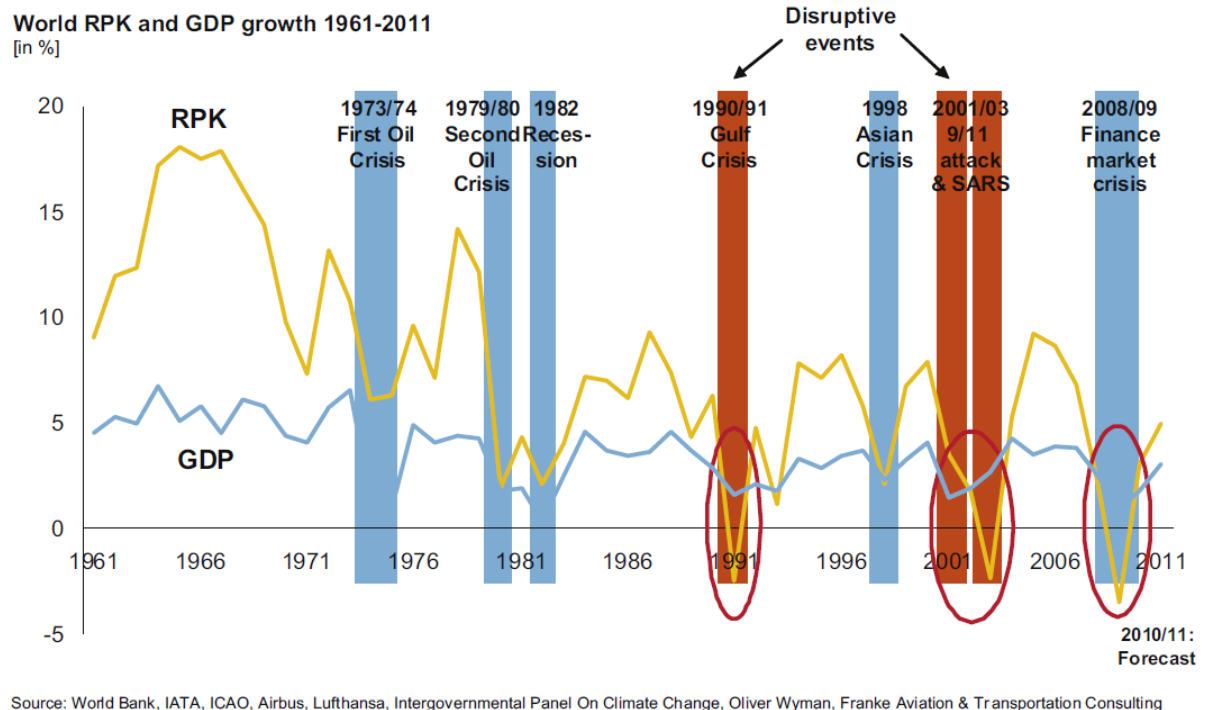


Figura 11 – Tráfego aéreo global comparado ao Produto Interno Bruto durante o período. Fonte: [John, 2011]

2.1.1 Linha do tempo

Esta seção visa criar um panorama geral sobre os principais acontecimentos de impacto para o setor de transporte aéreo, compilando notícias e fatos que demonstram os acontecimentos no mercado [Juliboni, 2013, Ribeiro, 2014, Campos, 2013, de Comunicação Social, 2013]:

- **2011**

- Compra da Webjet pela Gol: Depois de sete anos de operação, a companhia aérea Webjet chegou ao fim em novembro de 2010. Comprada pela Gol em junho de 2011 por 70 milhões de reais, a companhia optou por descontinuar a marca, o que gerou a demissão de cerca de 850 pessoas. A decisão faz parte dos esforços da Gol para reduzir a oferta e recuperar margens com maior ocupação de assentos.

- **2012**

- Início da fusão entre Azul e Trip: As companhias aéreas Azul e Trip anunciaram a fusão de suas operações. A nova empresa contará com uma frota de 112 aeronaves (62 jatos Embraer e 50 turboélices ATR), 837 voos diários, 316 rotas e 96 cidades atendidas, além de uma receita de R\$ 4 bilhões ao ano e 8,7 mil funcionários.

- **2013**

- Aprovação da fusão entre Azul e Trip: a associação entre as empresas Azul S.A. e Trip Linhas Aéreas S.A. recebeu o aval do Conselho Administrativo de Defesa Econômica.

- **2014**

- Copa do Mundo FIFA de 2014: torneio internacional de futebol masculino organizado pela Federação Internacional de Futebol (FIFA), que ocorreu no Brasil, anfitrião da competição pela segunda vez.

- Concessões de aeroportos: privatização e inauguração de novos terminais em Guarulhos, Campinas, Confins e Galeão.
 - Novos E-Jets da Embraer: início do desenvolvimento de novos modelos de aviões comerciais voltados para o mercado regional, para entrar em serviço em 2018.
 - Novos *Slots* em Congonhas: ANAC abriu 43 novos horários de pousos e decolagens em Congonhas e os distribuiu para Azul e Avianca, porém, Gol e Tam ainda encontram-se bem a frente dos concorrentes.
 - Extinção da marca Tam: a empresa, que fôrmou um grupo das linhas aéreas LAN e Tam passará a operar sobre um único nome: Latam.
 - Azul compra aviões da Airbus: Mirando as rotas de alta densidade para concorrer diretamente com Gol e Tam, a Azul se rendeu aos aviões maiores e assinou a compra de 35 Airbus A320neo. As aeronaves têm capacidade para 180 passageiros e começarão a ser entregues em 2016.
- **2016**
 - Jogos da XXXI Olimpíada: Jogos Olímpicos Rio 2016, evento multi esportivo realizado no segundo semestre de 2016 e contou com a presença de mais de 11 mil atletas divididos em 39 modalidades.

2.2 Produtividade

2.2.1 Definição

O termo produtividade pode ter um sentido muito amplo e tem sido utilizado na literatura, principalmente após por volta de 1950, para nortear estudos em diversas áreas e possibilitar uma análise quantitativa dos fatores utilizados e envolvidos durante as atividades de uma empresa. Segundo Passos [Passos, 2003]:

A introdução do conceito de produtividade nas ciências econômicas é bem recente: esse conceito se impôs progressivamente depois de longa evolução; sua origem data de 1830, conjuntamente com a revolução industrial. Começou a nascer a ideia, por volta de 1950, de que não poderia haver uma ciência econômica válida para os tempos atuais sem um estudo aprofundado do progresso técnico e de seus efeitos sobre o trabalho e a produção, entendendo-se o progresso técnico como elemento motor da evolução.

Outra definição acerca do tema produtividade pode ser encontrada em Elion [Eilon, 1985] como:

Eficiência na produção industrial a ser mensurada por alguma relação entre produção (saídas) e insumos (entradas).

A produtividade pode ser analisada do ponto de vista macro e microeconômico e, pode-se construir uma série de indicadores que servem para refletir, de forma direta ou indireta, a produtividade da empresa inserida no setor.

Um levantamento bibliográfico de variáveis utilizadas para estudos de produtividade de linhas aéreas foi realizado por Heshmati *et al.* [Almas Heshmati, 2016], conforme Figura 3. É possível inferir que, apesar de outros estudos tratarem de companhias aéreas em diferentes países e com diferentes mercados e regulações, alguns indicadores se mantêm sempre em foco, dada sua grande relevância para o setor.

Tabela 3 – Estudos anteriores sobre cálculo da eficiência das linhas aéreas.

Fonte: [Almas Heshmati, 2016].

Study	Inputs	Outputs	Other variables
Coelli et al. (1999)	Labor, capital	TKA	Load factor, aircraft capacity
Ahn et al. (1997)	Labor, materials fuel	Revenue	Load factor, aircraft size
Good et al. (1995)	Labor, materials planes	Revenue	Load factor, aircraft size
Baltagi et al. (1995)	Capital, labor	TKA	Load factor, aircraft size, hubs, mergers
Cornwell et al. (1990)	Labor index materials, energy, capital expenses	TKA	Stage length, service quality, seasonality
Schmidt and Sickles (1984)	Labor index materials, energy, capital expenses	TKA	Size, load factor

2.2.1.1 Modelagem estatística

Para realizar, portanto, a análise da produtividade das empresas, o método utilizado será a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA).

O método, denominado em português de análise de envoltória de dados é um modelo de cálculo de produtividade multi-fator utilizado na mensuração da eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* - DMU) frente as mesmas variáveis de entrada e saída, conforme pode ser visto em Molinero *et al.* [Woracker, 1996].

O modelo proposto para medida da eficiência das unidades é obtido por meio da razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos recursos.

Assim, tem-se do modelo, descrito em Charnes *et al.* [CHARNES, 1978] que:

$$\text{maximizar } h_i = \frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{ki}}{\sum_{j=1}^m v_j x_{ji}} \quad (2.2)$$

Onde:

h_i é eficiência da DMU,

i varia de 1 até o número de DMUs,

k varia de 1 até o número de *outputs*,

j varia de 1 até o número de *inputs*,

u é o peso para os *outputs*,

v é o peso para os *inputs*,

y_{ki} é a quantidade de *output* k produzido pela DMU i e

x_{ji} é a quantidade de *input* j consumido pela DMU i .

Tem-se como restrições impostas ao modelo que:

$$\frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{ki}}{\sum_{j=1}^m v_j x_{ji}} \leq 1, \forall i \quad (2.3)$$

$$v_j, u_k \geq 0, \forall j, k \quad (2.4)$$

É possível transformar as equações acima em um programa linear, em que sua solução numérica pode ser calculada.

Assim, o modelo é aplicado para cada uma das DMUs, identificando pontuações de eficiência relativa entre cada uma delas que maximizem a eficiência. Como regra geral, uma DMU é considerada relativamente eficiente quando obtém eficiência igual a 1, sendo considerada ineficiente para valores menores do que 1, sendo possível neste caso identificar quais foram as outras DMUs que serviram como *benchmark* para a DMU ineficiente.

As DMUs mais eficientes são combinadas para formar uma "fronteira de eficiência", por meio combinação dos melhores indicadores de desempenho. A eficiência pode então ser calculada sem a necessidade de se formular uma função de produção ou utilização de preços para os insumos. O indicador de eficiência é calculado pela distância entre a eficiência da DMU calculada até a "fronteira eficiente", como pode ser observado na Figura 12.

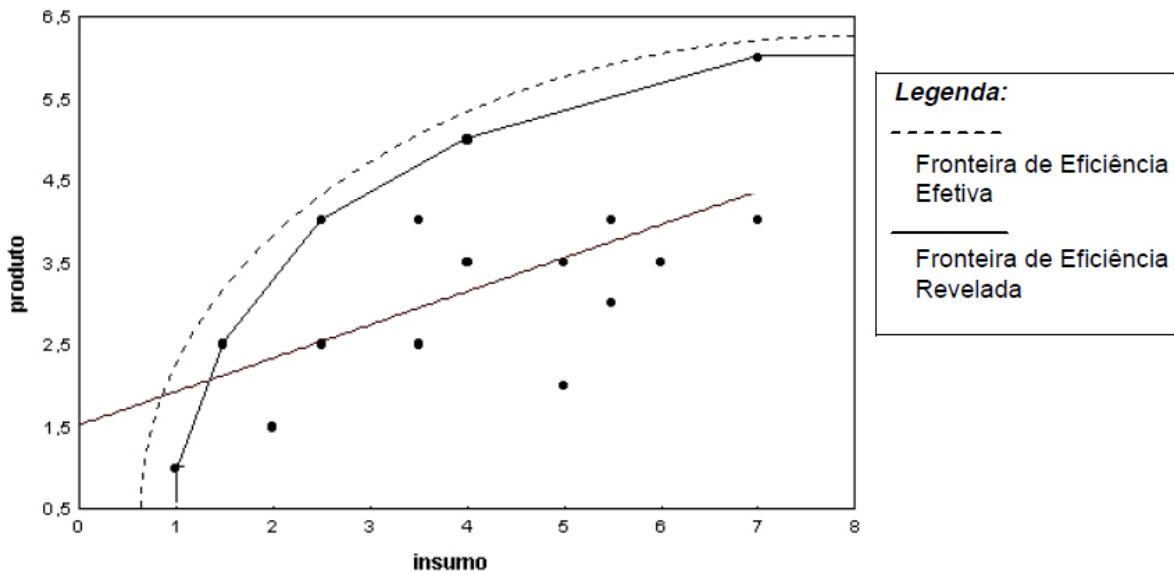


Figura 12 – Análise DEA para um conjunto de empresas.
Fonte: [Castro Casa Nova, 2015].

Há dois modelos básicos de DEA geralmente utilizados, conforme [Márcia Skalski, 2015, CHARNES, 1978]:

- **CRS (*Constant Returns to Scale*)**: busca avaliar a eficiência total identificando as DMUs (unidades de análise) eficientes e ineficientes, determinando, assim, a distância da fronteira de eficiência, ou seja, calcula a eficiência total que deve estar a 100%.
- **VRS (*Variable Returns to Scale*)**: utiliza de formulações que permitem realizar uma projeção das DMUs ineficientes, com relação a fronteiras estabelecidas por DMUs eficientes calculando assim a eficiência técnica.

Para definir o modelo a ser utilizado é necessário determinar se a correlação entre as variáveis possuem retornos contantes ou variáveis de escala para poder definir o modelo de DEA que pode melhor simular as características das variáveis utilizadas, seguindo a metodologia apresentada em [Márcia Skalski, 2015].

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 Definição das variáveis

Neste trabalho serão utilizadas variáveis e índices de referência que descrevem dados financeiros e operacionais de linhas aéreas. Eles colaboram para as análises que serão realizadas e para o entendimento de seus resultados e modificações temporais que ocorrem no setor.

- **Aviação comercial:** parte da aviação civil que envolve a operação regular de uma aeronave transportando passageiros e/ou carga.
- **Aviação geral:** engloba aviações não militares e não regulares. Isto inclui desde pequenos aviões de propriedade particular até modernos jatos executivos, helicópteros, balonismo, voos de treinamento e outras atividades aéreas.

Para as análises dos dados operacionais, serão utilizadas as variáveis abaixo, definidas de acordo com [ANAC, 2019, GOMES, 2014, de Araújo Junior, 2004]:

- **ASK (*Available Seat Kilometer*):** Refere-se ao volume de Assentos Quilômetros Oferecidos, ou seja, a soma para todas as etapas de voo do produto entre o número de assentos oferecido e a distância das etapas. Relaciona-se com a oferta das companhias e sua capacidade operacional.
- **RPK (*Revenue seat kilometer*):** Refere-se ao volume de Passageiros Quilômetros Transportados, ou seja, a soma para todas as etapas de voo do produto entre o número de passageiros pagos e a distância das etapas. Relaciona-se com a demanda pelo setor.
- **ATK (*Available tonne kilometer*):** Refere-se ao volume de Tonelada Quilômetro Oferecida, ou seja, a soma do produto entre o *payload*, que é a capacidade total de peso disponível na aeronave, expressa em toneladas, disponível para efetuar o transporte de passageiros, carga e correio, e a distância das etapas. Relaciona-se também com a oferta operacional.
- **RTK (*Revenue tonne kilometer*):** Refere-se ao volume de Toneladas Quilômetros Transportadas, ou seja, a soma do produto entre a distância das etapas e os objetos pagos transportados expressos em toneladas (carga, correio, passageiro e bagagem). Cada passageiro possui o peso estimado de 75 kg.

- **Load Factor:** é o percentual de taxa de ocupação da operação. É calculado como a razão entre RPK e ASK, sendo útil para verificar o aproveitamento dos assentos oferecidos.
- **CASK (*Cost per Available Seat Kilometer*):** é o custo unitário dividindo-se o custo operacional total pelo ASK.
- **ex-Fuel CASK (*Cost per Available Seat Kilometer*):** é semelhante ao cálculo do CASK, porém excluindo o custo do combustível.
- **RASK (*Revenue per Available Seat Kilometer*):** é obtido dividindo-se a Receita Operacional Líquida (ROL) pelo ASK. Conceitualmente, é a receita por unidade produzida (mas não necessariamente vendida).
- **Average Stage Length:** é a média aritmética das distâncias percorridas em cada ligação realizada pela empresa aérea ao longo de um ano.
- **Yield:** é a receita unitária, obtida dividindo-se a receita da venda de passagens pelo RPK.
- **BELF (*Break-Even Load Factor*):** é o ponto de equilíbrio da empresa, abaixo do qual ela dará prejuízo com a venda de passagens. É obtido dividindo-se o CASK pelo *Yield*. Também conhecido como ocupação ou aproveitamento de equilíbrio. Comparado com o *Load Factor*, serve para demonstrar quão longe (ou perto) a empresa está do prejuízo operacional se considerar-se exclusivamente a venda de passagens.
- **Receita Operacional Líquida:** é obtido por meio da subtração de todos os custos e despesas operacionais da receita operacional bruta. Não são considerados taxas e impostos para seu cálculo. Neste trabalho também será chamada de Resultado de Voo.
- **Eficiência energética:** é a razão entre RPK e o volume, em litros, da quantidade de combustível consumido pela linha aérea durante o período.
- **Horas voadas:** é o somatório de horas voadas pela companhias em todos os seus voos.
- **Distância voada:** é o somatório da distância percorrida pela companhias em todos os seus voos.
- **Velocidade média operacional:** é a razão entre as Horas Voadas e a Distância voada pela companhia.

Alguns conceitos-chave para o presente trabalho também serão definidos abaixo:

- **Lucratividade:** é a razão entre a Receita Operacional Bruta e a Receita Operacional Líquida.
- **Produtividade:** eficiência na produção industrial a ser mensurada por alguma relação entre produção (saídas) e insumos (entradas).

3.2 Base de Dados

A fonte da base de dados para as análises realizadas por este trabalho é proveniente da seção de Dados e Estatísticas do site da ANAC [ANAC, 2019]. Os dados disponibilizados pela agência são abertos, legislação relacionada: Resolução ANAC nº 110/2009, art. 39, incisos X, e Portaria 1750/SAS/2015, arts. 8º e 9º., e serão detalhados na subseções subseqüentes de acordo com a seção de onde foram obtidos da página. Na Figura 13 pode ser visualizado o site da ANAC na data da pesquisa, subdividido em seções de banco de dados. Será percorrido abaixo sobre os parâmetros que estavam envolvidos nesses dados, seu período de amostragem, bem como

possíveis ressalvas com relação a ausência de dados para algumas bases de dados.



Figura 13 – Recorte do *template* do site da ANAC [ANAC, 2019]. Acessado em 11/11/2019.

3.2.1 Base de Dados Estatísticos do Transporte Aéreo

Segundo o próprio site da agência brasileira, a divulgação dos dados se deu com o intuito de ampliar o conhecimento da sociedade brasileira e de subsidiar a realização de pesquisas, estudos e análises mais abrangentes sobre o setor de transportes aéreos, sendo disponibilizados a série histórica dos dados estatísticos do transporte aéreo do Brasil para a livre consulta de qualquer interessado.

A série histórica possui dados retroativos até o ano 2000, sendo disponibilizados em formato *csv* ou *xls*. Para as análises deste trabalho foi feito um recorte de tempo, sendo analisado

dados do período de 2010 a 2017, visando relacionar esses dados com outras bases de dados de menor amostragem temporal, como da seção 3.2.1.1.

Os principais dados provenientes desta base de dados e utilizados neste trabalho são:

- Empresa Aérea
- Ano, mês
- Natureza do Voo (Nacional ou Internacional)
- Tipo de Voo (Improdutivo, não regular ou regular)
- ASK
- RPK
- ATK
- RTK
- Combustível consumido
- Horas voadas
- Distância voada
- Decolagens
- Carga paga
- Assentos
- Passageiros
- Carga de correio

Há alguns pontos acerca dos dados que necessitam atenção, apresentando valores muito discrepantes em relação aos seus respectivos históricos:

- Informações de carga em voos internacionais da empresa de sigla Tam anteriores a setembro de 2010.
- Informações de bagagem da empresa de sigla GLO entre agosto de 2008 e fevereiro de 2009
- Informações de bagagem de empresa de sigla AZU entre 2010 e 2012
- As informações de correio da empresa aérea Tam estão sob análise.
- A queda do consumo de combustível da Tam em voos internacionais entre abril de 2016 e janeiro de 2018 está sob análise.
- A queda no volume de carga da companhia Tam em abril de 2017 está sob análise.

3.2.1.1 Demonstrações Contábeis de Empresas Aéreas Brasileiras

As demonstrações contábeis trimestrais contemplam o Balanço Patrimonial (BP), a Demonstração de Resultado de Exercício (DRE), a Demonstração dos Fluxos de Caixa (DFC), as Notas Explicativas e o Relatório de Revisão das Informações Trimestrais apresentadas à ANAC.

Apenas as empresas de transporte aéreo público regular e não regular de passageiros com participação de mercado relevante estão obrigadas a apresentar à ANAC as suas demonstrações contábeis trimestrais.

Os dados foram disponibilizados em uma pasta zipada, contendo arquivos em formato *csv* e *xls*, além de contar com um relatório em formato *pdf* também.

Os dados das principais empresas atuantes no setor foram coletados, sendo elas:

- Gol Linhas Aéreas Inteligentes
- Latam Airlines Brasil, anteriormente Tam Linhas Aéreas
- Azul Linhas Aéreas Brasileiras
- Avianca Brasil, oficialmente OceanAir Linhas Aéreas

Os principais dados provenientes desta base de dados e utilizados neste trabalho são:

- Empresa Aérea
- Ano, trimestre
- Receita Nacional e Internacional de:
 - Passagem
 - Excesso de Bagagem
 - Carga
 - Mala Postal
- Custos diretos e indiretos:
 - Tripulantes Técnicos
 - Comissários de Bordo
 - Combustível
 - Equipamento de Voo
 - Manutenções e Revisões
 - Seguro de Aeronave
 - Arrendamento de Aeronaves
 - Tarifas Aeroportuárias
 - Tarifas de Navegação Aérea
- Despesas Administrativas e Gerais
- Receita Operacional Líquida

Os dados utilizados correspondem ao período de 2010 a 2017. Vale ressaltar a dificuldade em uniformizar os dados, uma vez que sua padronização sofreu alterações durante o período, o que dificulta o agrupamento das informações.

3.2.2 Frota

Os dados acerca das frotas das companhias brasileiras foi obtido a partir da base de dados disponibilizada pela *Airfleets* [Airfleets.Net, 2019], onde é possível encontrar dados sobre a frota das linhas aéreas, a data de entrada em serviço das aeronaves e seu *Serial Number*, além da data de saída de serviço, caso aplicável.

3.3 Ferramentas computacionais

As análises foram feitas utilizando Python 3.7.3 [Foundation, 2019], que é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, de *script*, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica e forte.

Os resultados gráficos foram gerados utilizando Python e planilhas Excel®.

Nas seções seguintes serão apresentadas os repositórios e bibliotecas de código aberto utilizados.

3.3.1 Pandas

Esta biblioteca *open source* proporciona alta performance na manipulação de dados e fornece ferramentas para análise de dados em Python [Python, 2019]. Foi utilizada a versão 0.25.0.

3.3.2 Dask

Esta biblioteca é muito útil para trabalhar com uma grande quantidade de dados e, ainda assim, contar com a facilidade da interface da biblioteca *pandas*. Esta biblioteca utiliza computação paralelizada e serializada para melhorar a *performance* de suas aplicações, além de permitir controlar o espaço em disco ocupado pela base de dados, permitindo otimizar a carga de processamento [Anaconda, 2019]. Foi utilizada a versão 2.6.0.

3.3.3 Matplotlib

Esta biblioteca de Python 2D é utilizada para gerar os gráficos deste trabalho, proporcionando a produção de figuras de alta qualidade e fácil interação e integração com outras bibliotecas e estruturas de dados [Hunter, 2007]. Foi utilizada a versão 3.1.1.

3.3.4 Basemap

Esta ferramenta é uma extensão da biblioteca *Matplotlib*, sendo utilizada para criar mapas com visualização de dados integrados. É excelente para criar gráficos geoespaciais.

3.3.5 DEA

A implementação do algoritmo de DEA utilizado foi proveniente do repositório criado no *github* por *jzucollo* [jzucollo, 2019]. A implementação conta com dois modelos de DEA, a saber: CRS e VRS. Além disso, a modularização do código e utilização de bibliotecas conhecidas, como *pandas* permitiu a utilização do *script*, bem como sua modificação conforme a necessidade de análise deste trabalho.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 Análise inicial

Nesta seção serão realizadas análises com o objetivo de apresentar um panorama amplo do setor de transporte aéreo no Brasil, agrupando-se, para isso, indicadores nacionais e globais, bem como dados sobre a saúde financeira das 4 principais linhas aéreas brasileiras, bem como dados acerca de suas operações de voo, tanto nacionais quanto internacionais.

4.1.1 Indicadores globais e nacionais

Os indicadores macroeconômicos de PIB, inflação e taxa de câmbio frente ao dólar durante o período de 2010 a 2017 podem ser observados na Figura 14.

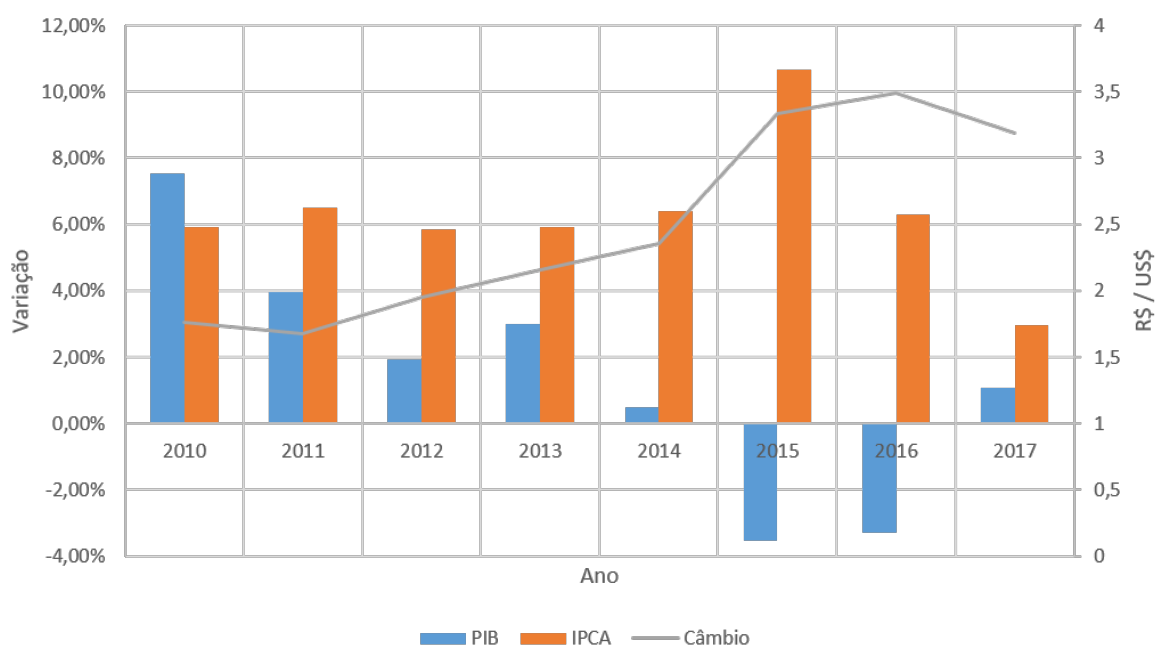


Figura 14 – Indicadores macroeconômicos brasileiros.

O Brasil como um todo apresentou grandes oscilações em sua economia no período, uma vez que ainda se encontra em desenvolvimento e não está estável. O PIB (Produto Interno Bruto) do país apresentou uma diminuição no ritmo de crescimento até 2014, chegando a passar por um período de recessão entre 2015 e 2016, sendo retomado o crescimento em 2017. Isso gerou impacto no setor de aviação como um todo, havendo diminuição de suas receitas, além de aumentar seus custos, dado o aumento significativo da inflação (IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo). Portanto, é de se esperar resultados operacionais negativos ou com lucratividade baixa, principalmente após 2015.

Outro parâmetro de grande importância para as companhias aéreas, uma vez que corresponde a cerca de um terço de todos os seus gastos, é o preço do combustível aeronáutico (QAV - Querosene de Aviação). Na Figura 15 é possível visualizar a variação do preço do QAV durante o período, tanto no Brasil quanto no Golfo do México. É possível observar uma diminuição do preço para o final do período, após 2015. Além disso, é praticamente impossível para as empresas brasileiras importar o QAV diretamente, o que faz com que as margens de comercialização no país sejam maiores, além de incidir sobre o insumo uma carga tributária de 20% (ICMS - 15% e PIS/COFINS - 5%) [ABEAR, 2017].

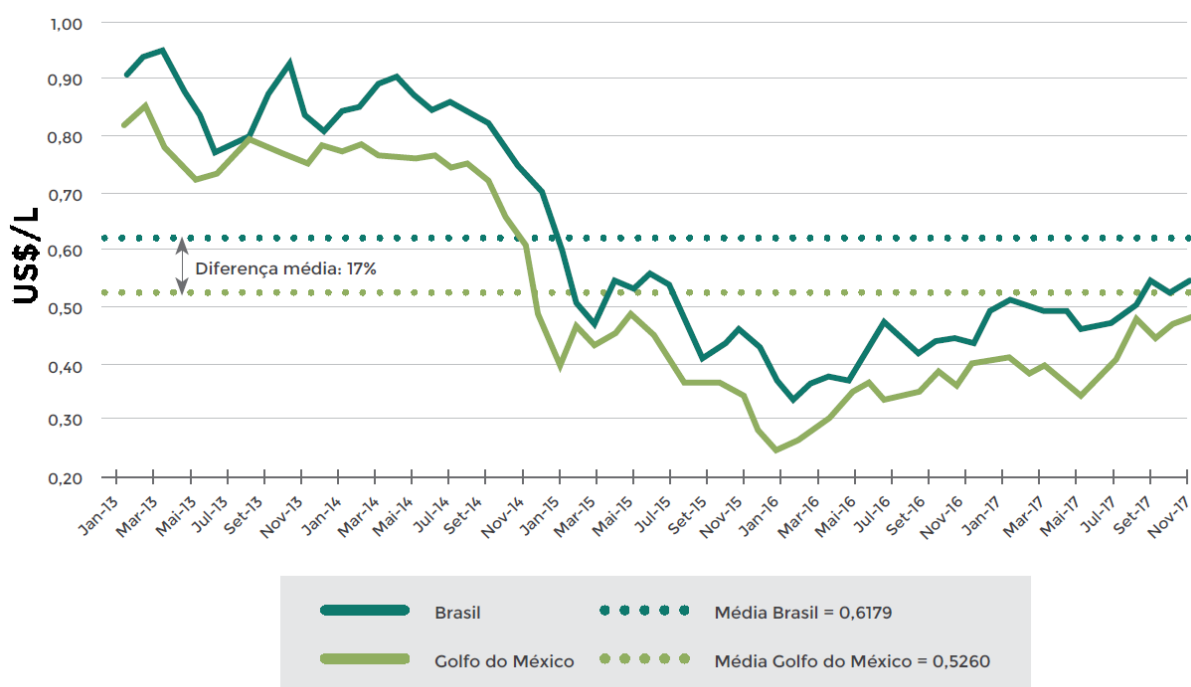
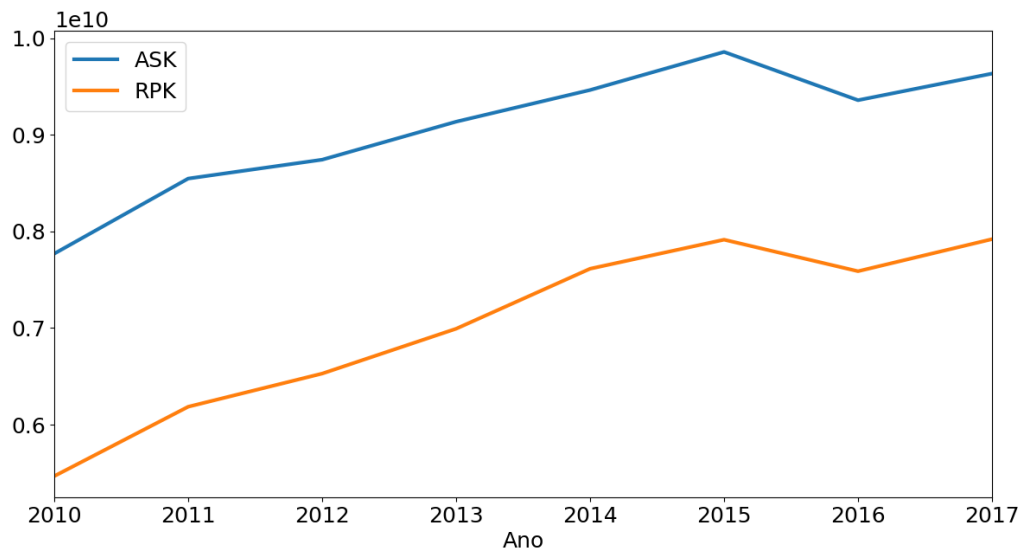


Figura 15 – Evolução dos preços médios ponderados mensais praticados pelos produtores e importadores de querosene de aviação no Brasil e no Golfo do México. Fonte: [ABEAR, 2017].

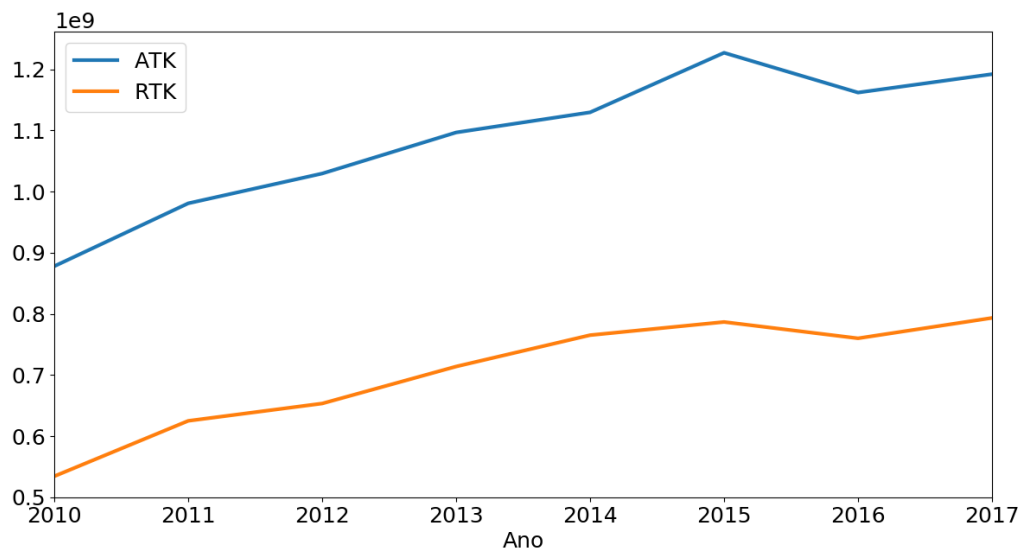
4.1.2 Panorama operacional

O mercado de transporte aéreo brasileiro durante o período de 2010 a 2017 apresentou grande expansão e aumento tanto de sua oferta quando de sua demanda tanto com relação ao transporte de passageiros quanto o transporte de cargas. Essa evolução do setor pode ser vista

na Figura 16, onde foi calculada a média dos indicadores por ano do período analisado.



(a) Transporte de passageiros.



(b) Transporte de carga.

Figura 16 – Oferta e demanda do mercado de transporte aéreo.

É possível observar aumento da oferta do setor (*ASK* e *ATK*), bem como de sua demanda (*RPK* e *RTK*), havendo um aumento de 44% para os indicadores de demanda do setor, demonstrando grande expansão. É possível notar que o período de queda nos indicadores, entre 2015 e 2017, coincide com o período em que o país enfrentou uma retração econômica, com diminuição do PIB e forte aumento da inflação, o que tem forte impacto no setor de transportes aérea, pois, como já analisado na revisão bibliográfica, o setor é uma atividade meio, dependendo fortemente de outros setores da economia, como o turismo, para sua evolução e expansão.

Outro indicador de grande importância, principalmente para a saúde financeira das

companhias é o *Load Factor*, representando a taxa média de ocupação de suas aeronaves na malhas aéreas. É possível observar, na Figura 17 aumento do *Load Factor*, aumentando o aproveitamento das companhias aéreas de sua frota e rotas oferecidas. Além disso, uma melhor previsão do número de passageiros e, assim, melhor dimensionamento da malha leva um aumento do *Load Factor*, diminuindo custos fixos do exercício de transporte aéreo. Deve-se atentar que um valor de *Load Factor* extremamente elevado, próximo a 100%, pode significar um subdimensionamento da frota, uma vez que esse valor é médio, podendo estar ocorrendo uma sobra da demanda que fica sem ser atendida e, assim, um aumento na receita que não é obtido.

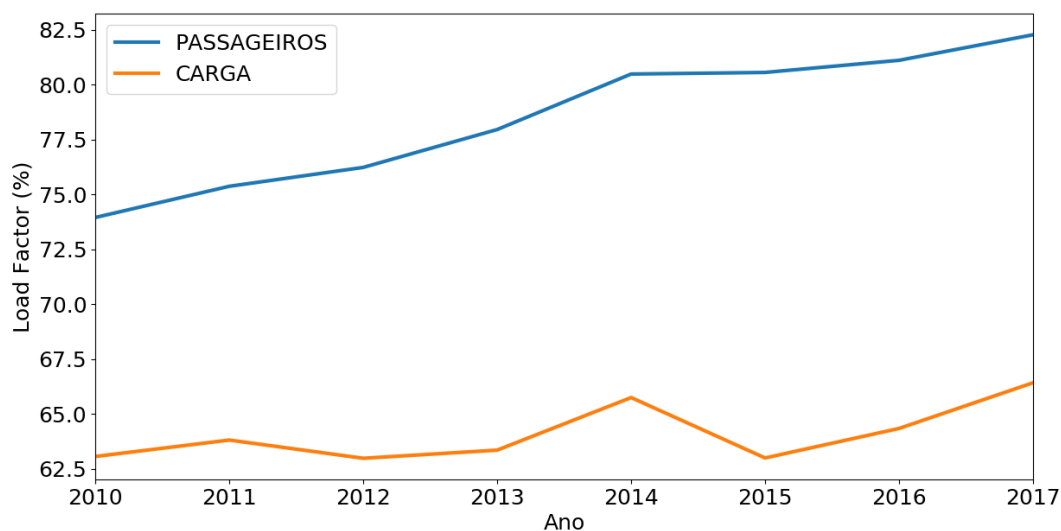


Figura 17 – *Load Factor* médio das companhias durante o período estudado.

Além disso, é possível verificar um aumento tanto de decolagens quanto do número de passageiros transportados pelo transporte aéreo, conforme Figura 18, caracterizando um aumento de procura pelo setor, bem como maior atividade das empresas, o que aumenta a complexidade de gerenciamento de suas operações, devendo considerar com cada vez maior atenção os custos e manutenção de suas receitas, dada maior movimentação de capital para possibilitar o comprimento de seu planejamento.

Outra mudança ocorrida no setor é o aumento do *Stage Length*, o que pode ser causado pelo aumento do número de rotas, principalmente as mais distantes. Essa variação pode ser vista na Figura 19.

Um resultado que demonstra o grande investimento feito em tecnologias para diminuir o consumo de combustível das aeronaves pode ser inferido da Figura 20. Uma vez que o gasto com combustível representa uma parcela crucial dos gastos das companhias aéreas, o desenvolvimento de aeronaves e motores mais eficientes melhora as margens das companhias, diminuindo seus gastos com combustível.

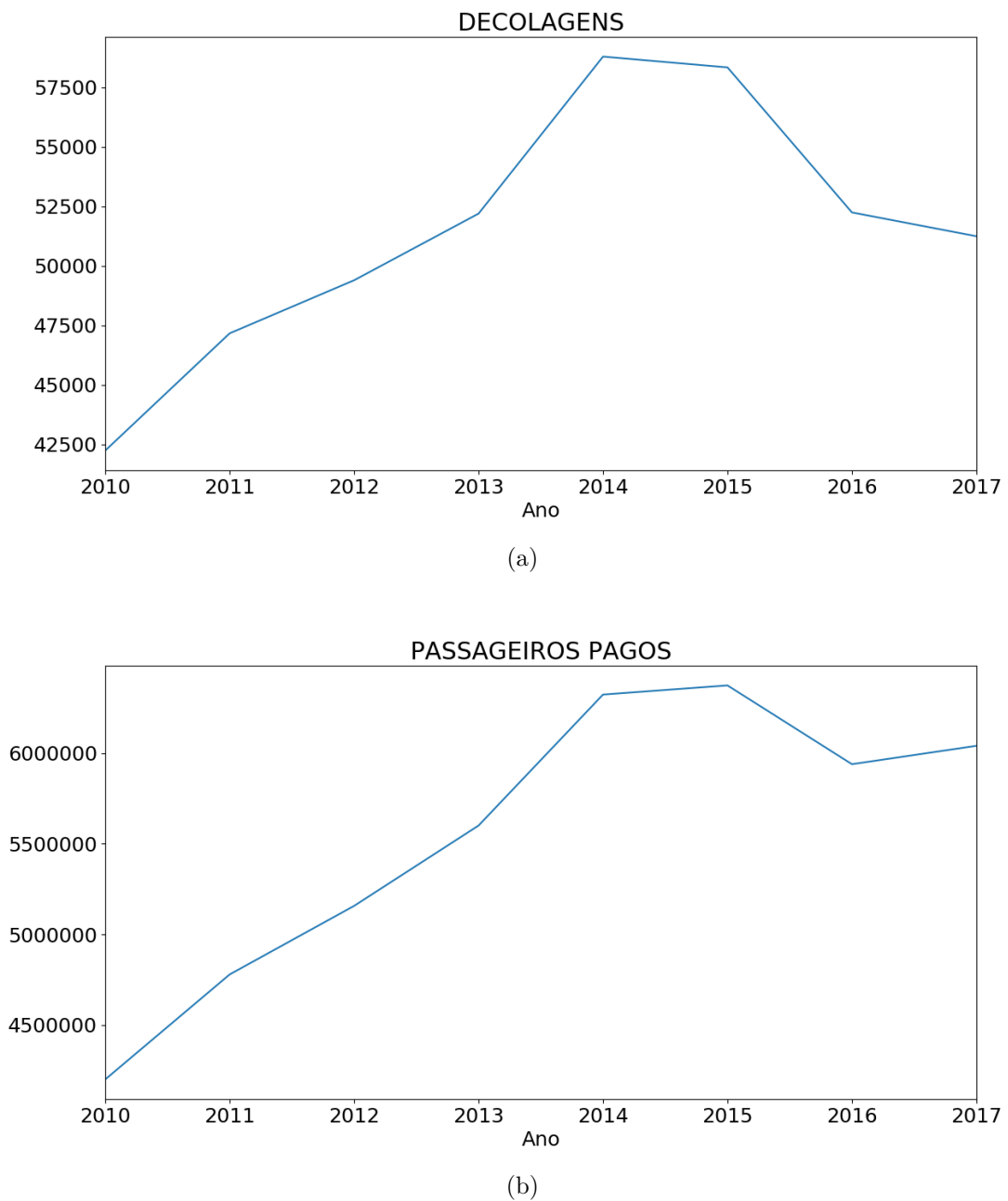


Figura 18 – Número de decolagens e de passageiros transportados.

4.1.2.1 Rotas

Para uma análise qualitativa acerca do aumento do número de rotas oferecidas pelo setor de transporte aéreo, bem como expansão para outras regiões do país, foram gerados gráficos com a distribuição da malha de transporte aéreo. O parâmetro base utilizado foi o número de decolagens em cada aeroporto. Além disso, a estrutura da malha aérea pode ser representada por um grafo, que terá a seguinte convenção:

- Os ● representam os 4 aeroportos com maior número de decolagens no período;
- Os ● representam os outros aeroportos;

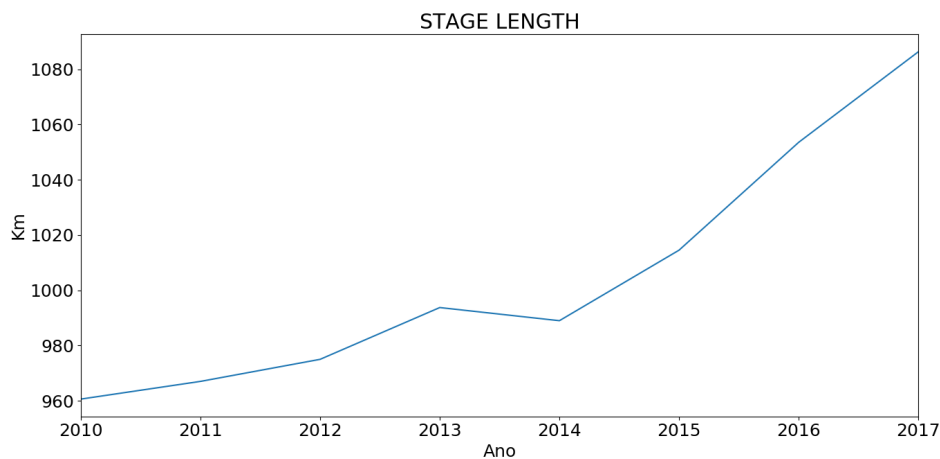


Figura 19 – Variação do *Stage Length* durante o período estudado.

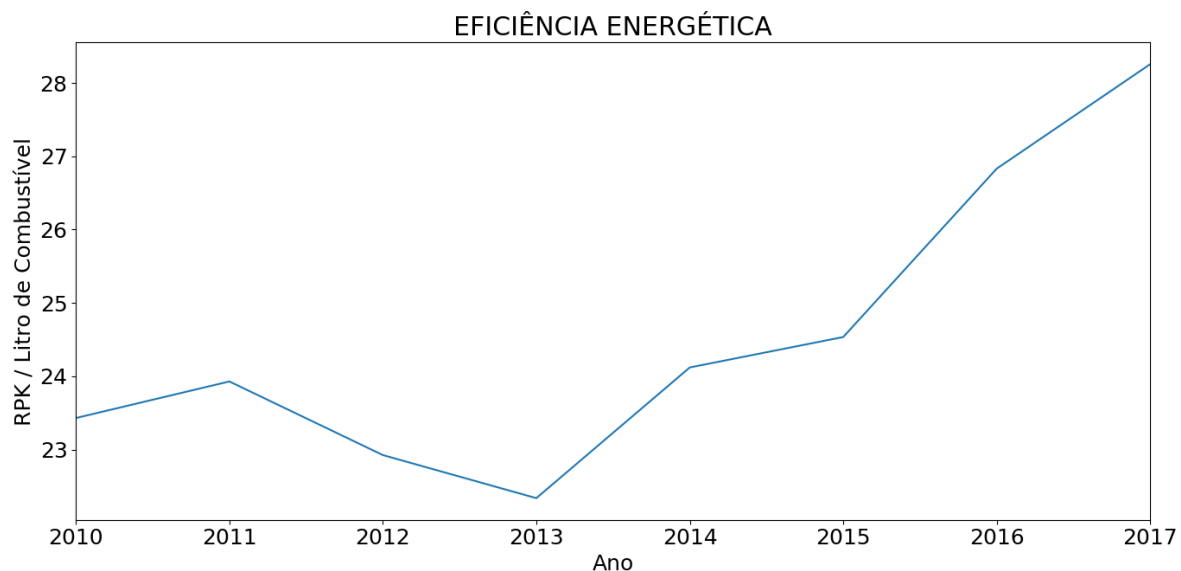


Figura 20 – Variação da Eficiência Energética das linhas aéreas durante o período.

- O diâmetro dos círculos é proporcional ao número de decolagens;
- Os XXXX indicam as rotas da malha;
- A espessura dos retângulos é proporcional ao número de decolagens para a rota.

Para efeitos comparativos, pode-se analisar as diferenças entre a malha do transporte aéreo nacional no início e no final do período. Foi utilizado dezembro como mês de referência dado que há geralmente um grande volume de voos realizados neste mês, sendo de grande importância para as companhias.

A Figura 21 apresenta a malha brasileira do setor de transporte aéreo. É possível observar que a malha é extremamente concentrada no litoral do país, concentrando-se ainda mais no final do período. Houve expansão na região central do país, com maior número de ligações para o aeroporto de Brasília (SBBR), tendo posição geográfica central e aumentando o número de conexões com a região norte do país. O grande crescimento do aeroporto de Belo Horizonte

(SBCF) também foi observado, superando o aeroporto de Congonhas (SBSP) quanto ao número de decolagens ao final do período analisado.

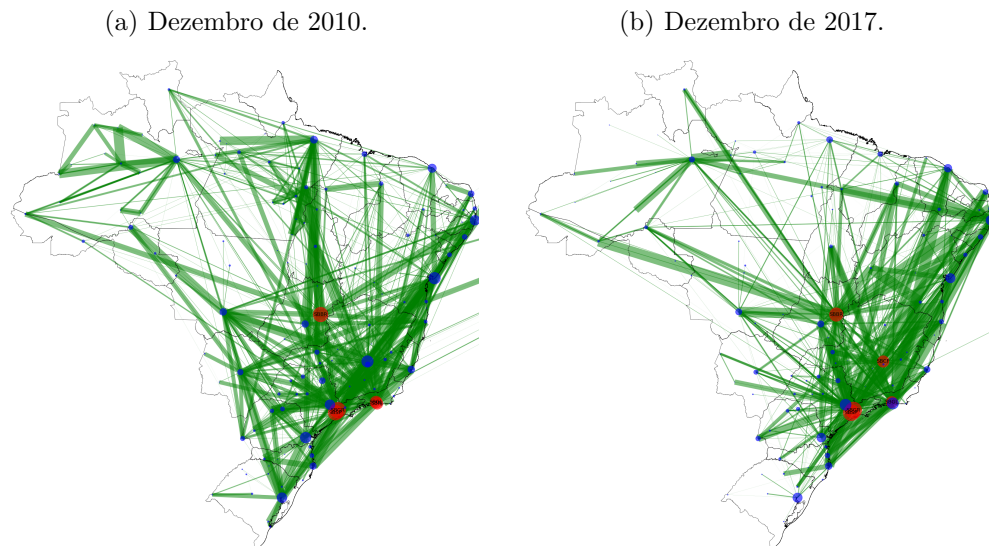


Figura 21 – Análise da malha nacional de transporte aéreo.

4.1.3 Panorama financeiro

É de suma importância para a linha aérea o gerenciamento de suas receitas, bem como de seus gastos, possibilitando manter suas operações de forma continuada e lucrativa.

Assim, é possível, para efeitos de uma análise inicial, verificar que houve aumento da receita obtida com a venda de passagens para destinos nacionais, conforme Figura 22. Outro ponto de atenção é a forte queda após o ano de 2014, correspondente também ao período em que houve aumento da inflação e diminuição do PIB. Uma vez que o setor de transporte aéreo está intrinsecamente ligado a outros setores, como o turismo, o desaquecimento em outros setores causa forte impacto negativo nas receitas obtidas pelas companhias.

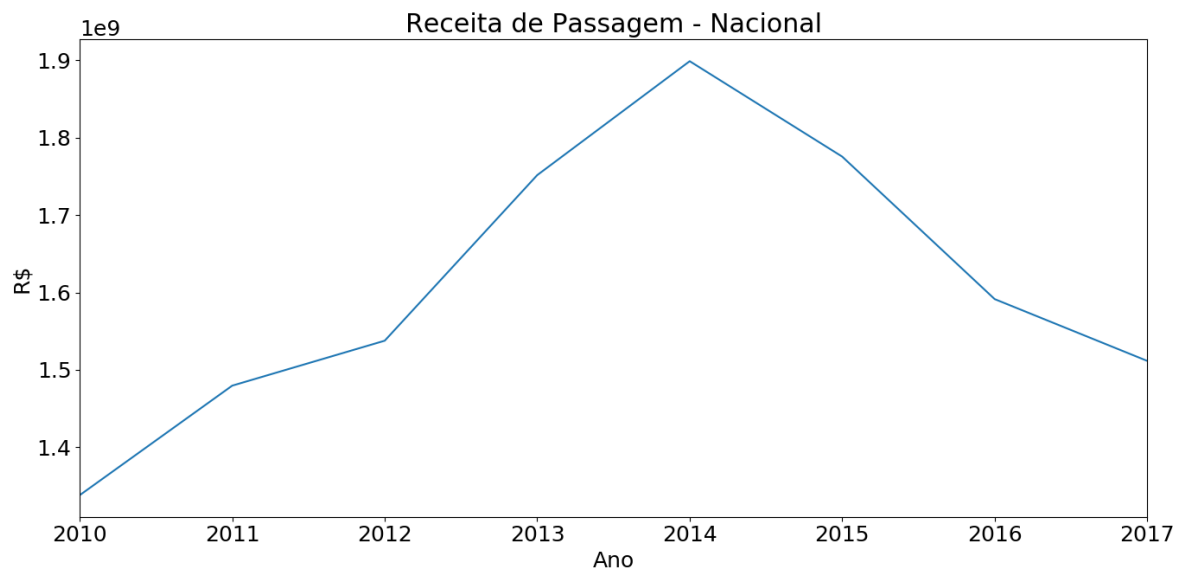


Figura 22 – Variação da Receita das linhas aéreas obtida a partir da venda de passagens para destinos nacionais.

Com relação ao fator de concentração do mercado, é possível observar que houve uma diminuição do grau de concentração em se considerando as principais variáveis operacionais, Figura 23. Porém, o mercado ainda encontra-se altamente concentrado, com valores de HHI superiores a 0.25. No país, são poucas empresas que atingiram uma escala nacional com relação ao transporte aéreo, disputando grandes fatias de mercado e concentrando-o.

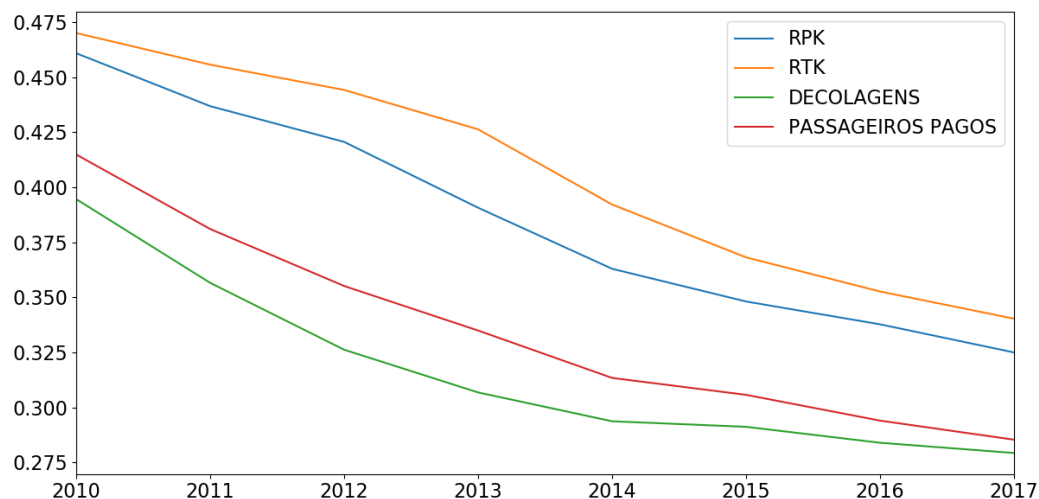
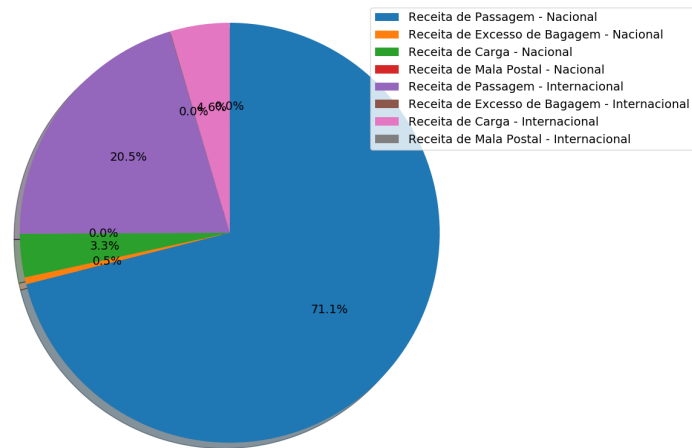


Figura 23 – Variação do índice HHI durante o período.

É possível avaliar, com relação a receita das companhias no início e no final do período (Figura 24) que a maior parte da receita provém da venda de passagens, contribuindo ainda no período com mais de 90% do total, contando passagens nacionais e internacionais. A segunda

parte que contribui com alguma consideração para a receita é o transporte de cargas, porém, a fonte principal ainda é, por muito, a venda de passagens. Para o final do período, a participação das passagens internacionais aumentou, demonstrando expansões no tráfego e no oferecimento pelas companhias, atendendo essa demanda em crescimento.

(a) Primeiro trimestre de 2010.



(b) Terceiro trimestre de 2017.

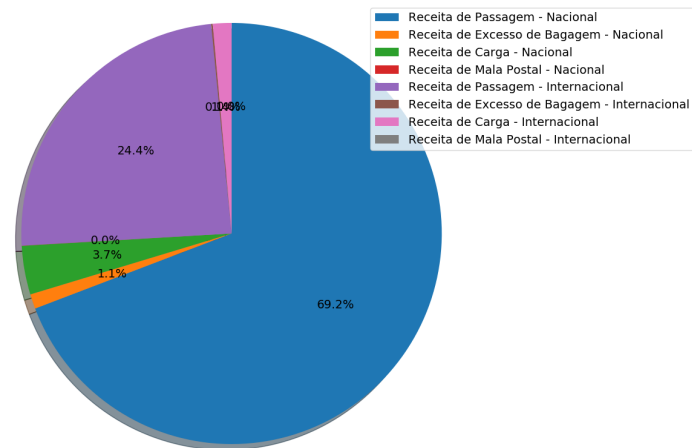
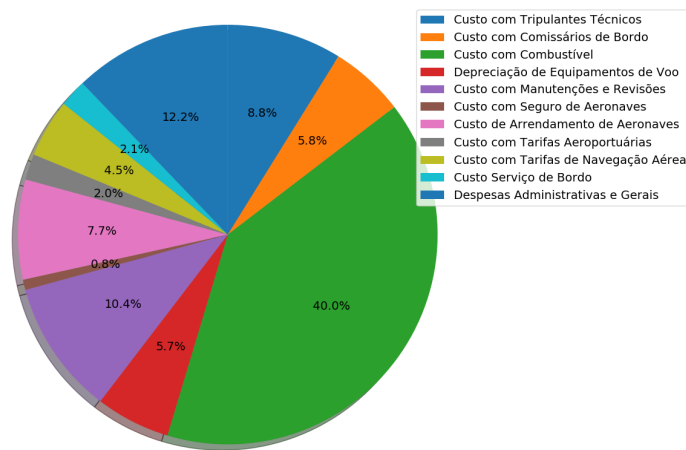


Figura 24 – Distribuição da receita das companhias aéreas.

Com relação aos custos, o gasto com combustíveis ainda é o mais expressivo, correspondendo inicialmente 40% dos gastos totais da companhia aérea e, diminuindo para 36% no final do período, principalmente devido ao aumento de outros gastos do que propriamente sua diminuição. Outro fator a se notar é a busca por enxugar os gastos que estão mais sobre controle

das companhias, como tripulantes, pessoal, despesas administrativas, o que demonstra uma preocupação das linhas aéreas em manter um contingente efetivo e enxuto, possibilitando margens para manter-se ativa. Além disso, o aumento dos gastos com arrendamento de aeronaves (*leasing*) pode ser entendido levando-se em conta a busca por diminuir o investimento inicial ao se comprar novas aeronaves, uma vez que as cifras são exorbitantes, sendo mais saudável para a companhia, por vezes, apenas arrendar os aviões que opera.

(a) Primeiro trimestre de 2010.



(b) Terceiro trimestre de 2017.

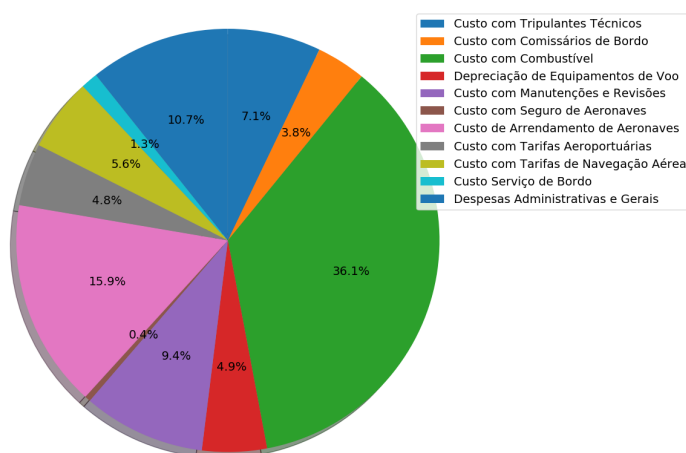


Figura 25 – Distribuição do custo das companhias aéreas.

4.1.4 Linhas Aéreas

4.1.4.1 Gol

A empresa, cuja sigla é GLO, iniciou suas operações em janeiro de 2001, com sede no Rio de Janeiro. Apesar de nascer como uma empresa familiar, rapidamente transformou-se em uma grande empresa, com planos de abrir seu capital. O modelo de gestão é focado na **minimização dos custos** e na oferta de passagens a **preços mais baixos**, conforme descreve Neto [Tam, 2011]. Também foram pioneiros ao lançar o primeiro serviço de *check-in* feito inteiramente pelo celular, o serviço de geolocalização mobile para clientes e um site com recursos de acessibilidade para atender pessoas com deficiência visual e motora [Gol, 2017].

Uma vez que uma das bases centrais para a empresa é sua gestão focada em minimizar custos, a estratégia de uniformização da frota, ou seja, operar o mesmo modelo de aeronave, permite padronizar a manutenção, bem como o interior das aeronaves, diminuir custos com treinamento e ambientação de pilotos, ter um melhor manejo de estoque de peças, além de um maior peso perante ao fabricante da aeronave, o que permite impactar de modo mais significativo no desenvolvimento de novos produtos e serviços. Deve-se notar também a grande expansão no número de aeronaves sendo operadas pela empresa.

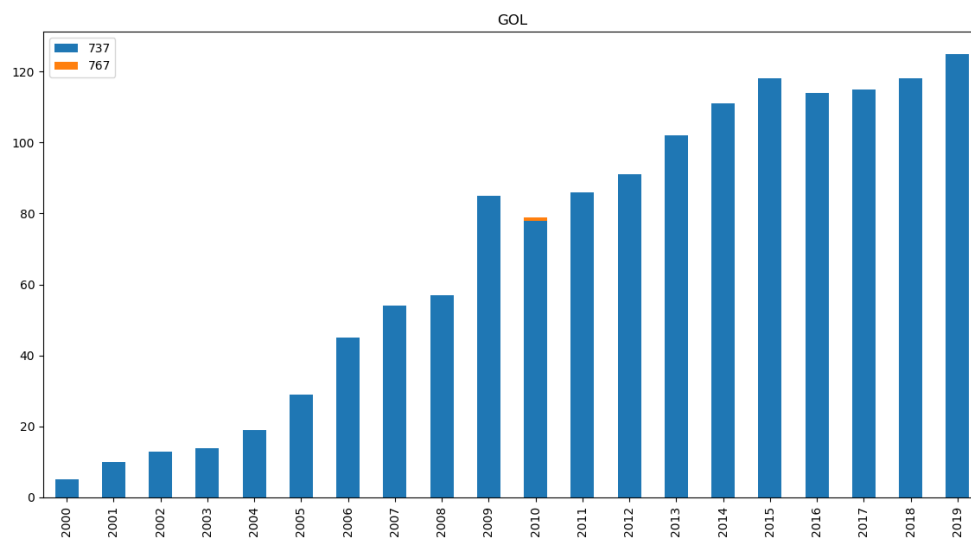


Figura 26 – Evolução da frota da Gol.

Uma visão sobre a malha da companhia, bem como sua evolução, pode ser visualizada na Figura 27. É possível perceber que a Gol possuía uma malha bem mais abrangente no início do período, dado que dividia com a Tam a imensa maioria de parcela de mercado. Com o aumento de outras linhas aéreas e maior concorrência em rotas regionais, houve mudanças significativas na malha aérea da Gol, focando suas operações em São Paulo (SBGR e SBSP), Rio de Janeiro (SBRJ) e em Brasília (SBBR). É possível também observar que houve um aumento da participação da empresa em rotas de maior distância, para o Norte e Nordeste do país partindo diretamente de polos no Sudeste ou de Brasília.

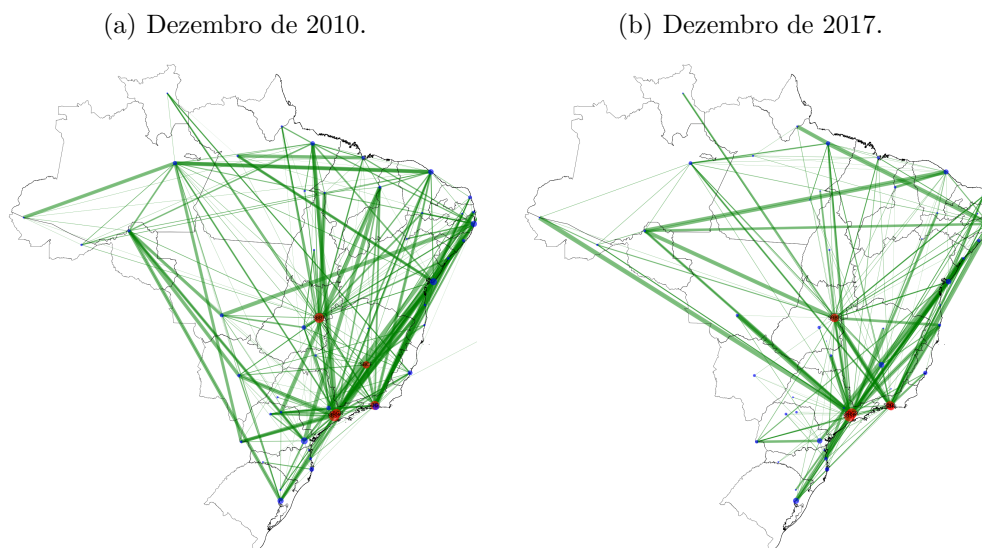


Figura 27 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Gol.

4.1.4.2 Tam

A Tam surgiu em 1961, quando alguns pilotos, dentre eles o comandante Rolim Amaro, resolveram juntar-se e montar um táxi aéreo: o Táxi Aéreo Marília. Eles realizavam transporte de cargas e passageiros nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso. Em seu início, a empresa possuiu um caráter mais familiar quando comparada, por exemplo, com a concorrente Gol [Tam, 2011], o que refletiu em uma forte cultura empresarial corporativa, visando melhores práticas e buscando seu diferencial de serviço. A empresa opera tanto no Brasil quanto internacionalmente, tendo grande participação no mercado nacional. Seu modelo de negócios busca a qualidade total de serviços, podendo ser classificada como uma **Full-Service Carrier**.

Desde maio de 2016 a companhia adotou a marca Latam Airlines como última fase da fusão da Tam com a chilena LAN.

A frota da Latam Airlines Brasil é composta por aeronaves da Airbus e Boeing, das quais os modelos Airbus A319, Airbus A320, Airbus A320neo e Airbus A321 são usados nas rotas domésticas, enquanto o Boeing 767, Boeing 777 e o Airbus A350 nas rotas internacionais, conforme pode ser analisado na Figura 32. A frota variada permite a adequação da aeronave para cada operação específica, visando elevar cada vez mais a qualidade do serviço prestado.

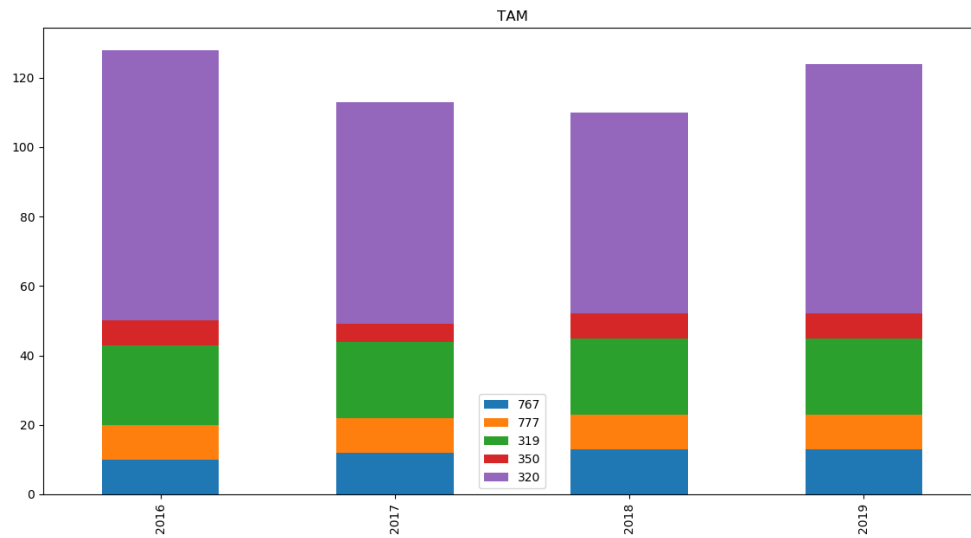


Figura 28 – Evolução da frota da Latam.

É possível observar também na Figura 29 que havia grande variedade de suas rotas para o início do período, estendendo-se por todo o país. Porém, com a maior concorrência durante o período, sua malha concentrou-se em rotas com maior fluxo de passageiros, uma vez que o maior número de rotas tende a aumentar os custos operacionais, o que seria crítico para a empresa, uma vez que se estabelece como uma **FSC**.

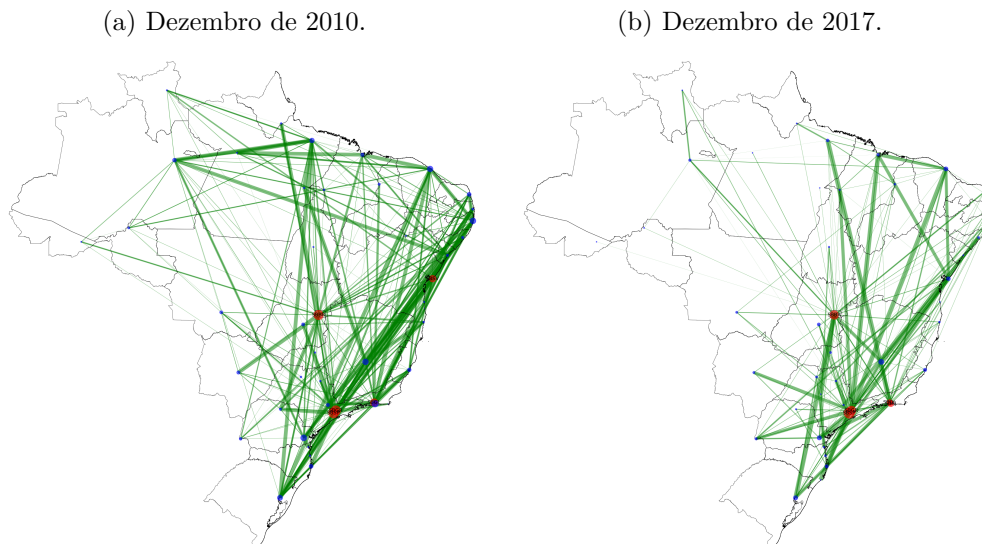


Figura 29 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Tam.

4.1.4.3 Avianca

Avianca Brasil, oficialmente OceanAir Linhas Aéreas (sigla: ONE), iniciou suas operações em 2002 no sul do país, operando regionalmente no Rio Grande do Sul.

A empresa possui uma frota que contém uma grande variedade de aeronaves da fabricante Airbus. Em comparação com as outras linhas aéreas analisadas, é a que possui a menor frota, conforme pode ser visto na Figura 30.

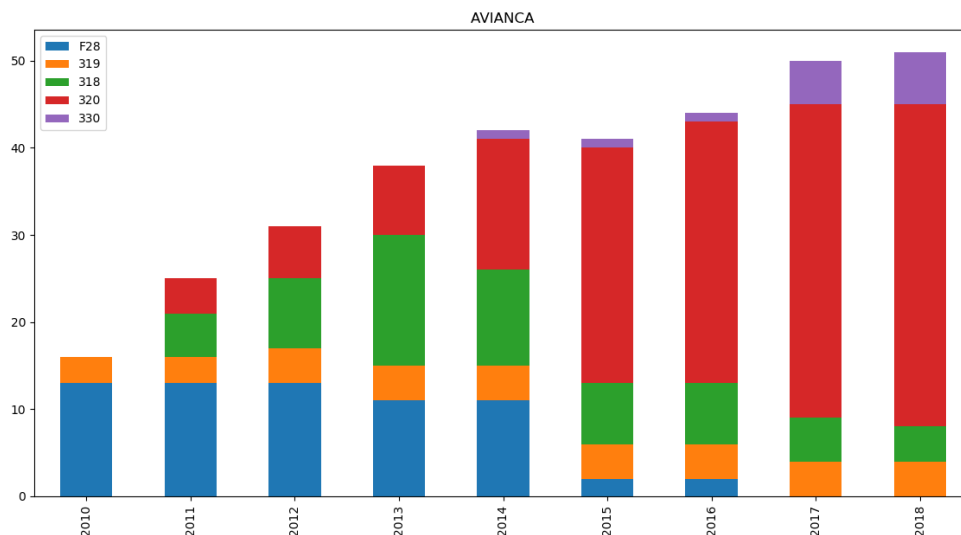


Figura 30 – Evolução da Avianca.

A malha da empresa é diminuta em comparação as outras empresas, operando principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. É possível observar a expansão de sua malha durante o período, conquistando paulatinamente espaço entre as maiores companhias do país, porém em um ritmo de crescimento menor do que a Azul, que também busca aumentar sua parcela de mercado.

(a) Dezembro de 2010.



(b) Dezembro de 2017.

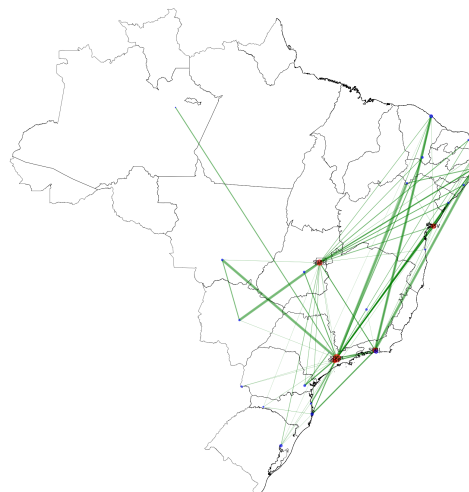


Figura 31 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Avianca.

4.1.4.4 Azul

É a mais nova dentre as companhias analisadas neste trabalho, fundada por David Neeleman (fundador da linha aérea americana JetBlue) e tendo iniciado suas operações em 2008.

Sua estratégia é oferecer um serviço de alta qualidade a baixos custos, podendo ser caracterizada como uma empresa com práticas *Low-Cost*.

A empresa obteve forte crescimento desde seu início, estabelecendo-se rapidamente entre as três maiores companhias aéreas brasileiras. Em 2012, anunciou-se uma fusão com a empresa TRIP, o que aumentou a participação de mercado da empresa.

As operações internacionais iniciaram-se apenas em 2014, sendo o mercado nacional ainda o maior foco da empresa.

A companhia é amplamente premiada, ganhando o prêmio de Melhor Companhia Aérea Low-Cost da América Latina de 2011 a 2017.

Sua frota é formada por aeronaves ATR-72, Embraer E-Jets (única operadora no Brasil) e, a partir de 2013, os Airbus A320neo. Utiliza o Airbus A330 em rotas longas e internacionais.

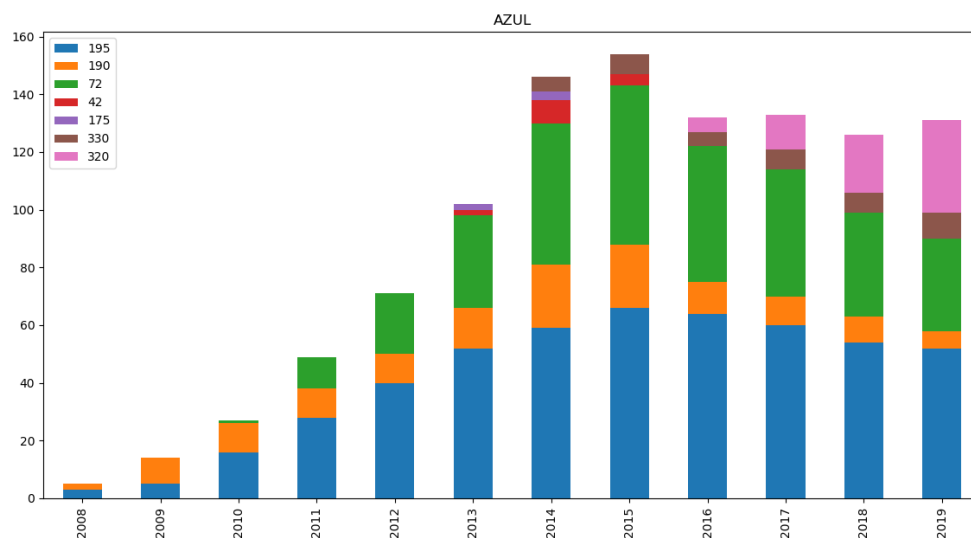


Figura 32 – Evolução da Azul.

Os principais *Hubs* da empresa são Viracopos (SBKP), em Campinas, e Confins (SBCF), em Belo Horizonte. A empresa possui uma malha focalizada nos Hubs, dominando enormemente as rotas nesses aeroportos. Além disso, ela buscou atuar em rotas com menor concorrência e menos visadas por outras empresas, ganhando espaço em rotas tidas anteriormente como secundárias.

Deve-se notar que a fusão com a TRIP, concretizada em 2013, aumentou a malha aérea da empresa, como pode ser visto na Figura 33 b.

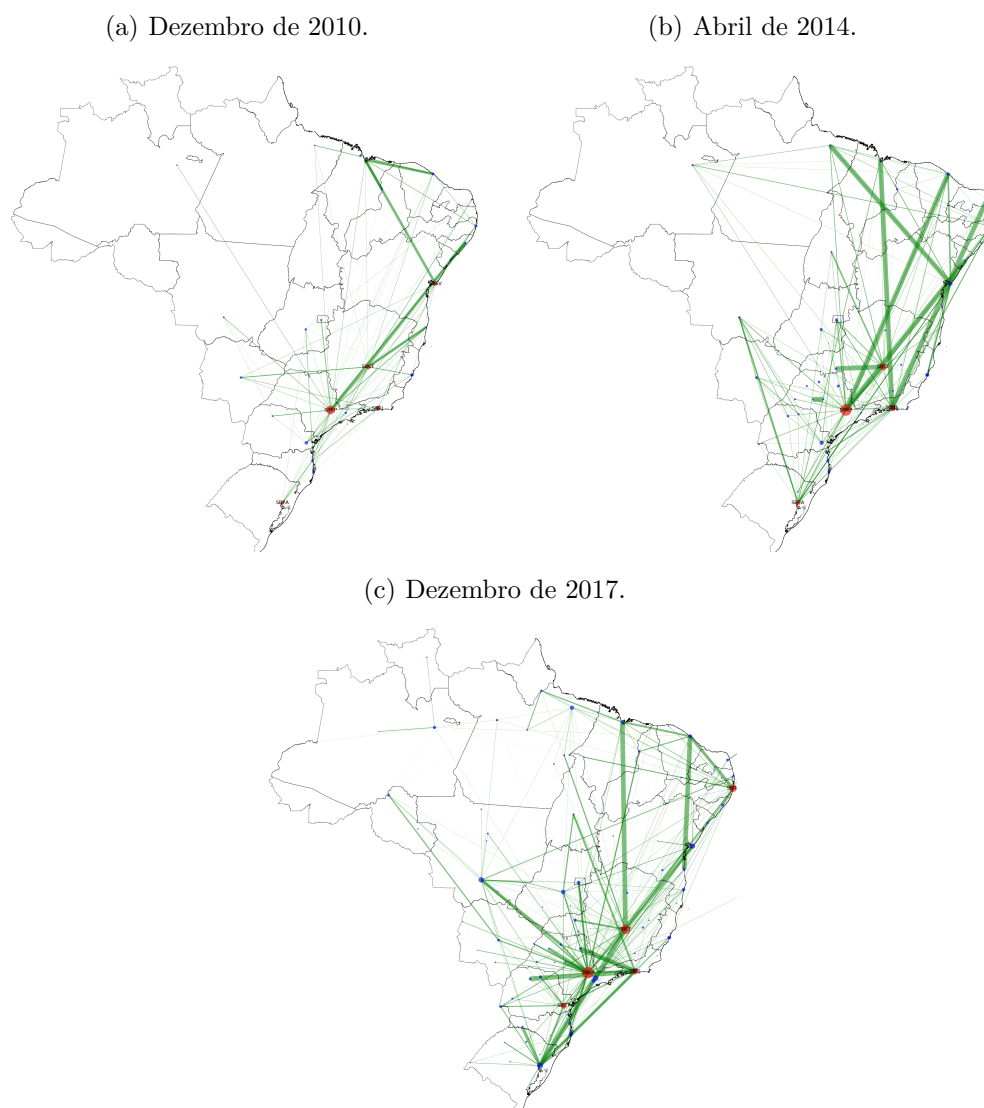


Figura 33 – Análise da malha de transporte aéreo da empresa Azul.

4.2 Análise comparativa

Nesta seção serão apresentados dados comparando as empresas analisadas, buscando relacionar seus resultados obtidos com estratégias empregadas e um panorama nacional.

4.2.1 Resultados financeiros

Dado que a estratégia adotada pela empresa Tam é de atuar como uma **FSC**, era esperado que seus gastos com Serviço de Bordo por voo fossem mais elevados, o que fica ilustrado na Figura 34, onde é possível visualizar que os gastos da empresa Tam superam em muito os gastos das concorrentes.

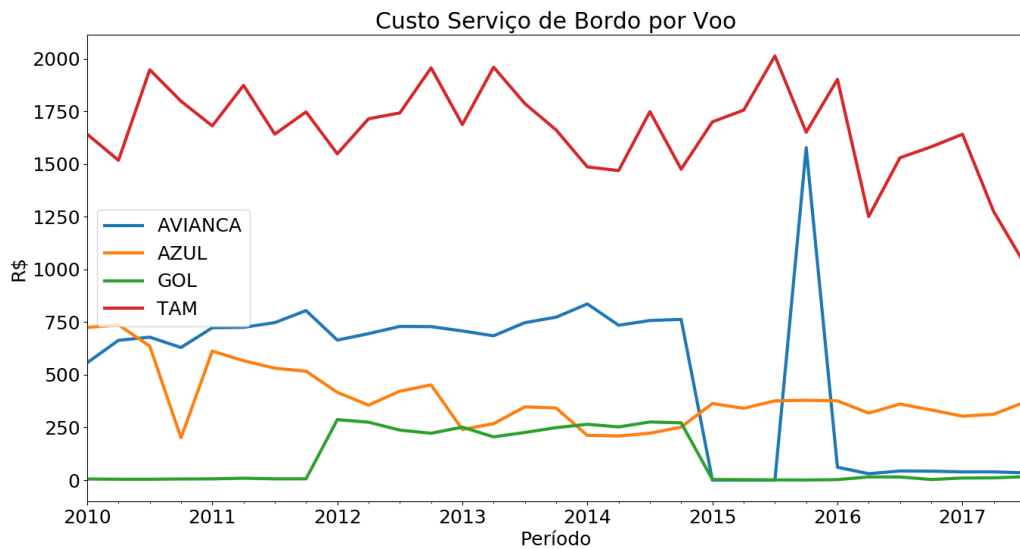


Figura 34 – Custo do Serviço de Bordo por voo para as linhas aéreas.

Dadas as inovações tecnológicas do setor, bem como o melhor gerenciamento das companhias, com melhores previsões de demanda e melhor manejo operacional, houve diminuição do CASK, de um modo geral. A única ressalva foi a Azul, que apresentou ligeiro aumento no período analisado. Isso pode ser entendido também por sua malha menor, o que gera um menor valor para ASK, aumentando o valor de CASK, ou seja, a companhia apresentou relativa dificuldade para diluir os custos fixos da operação em sua malha, Figura 35.

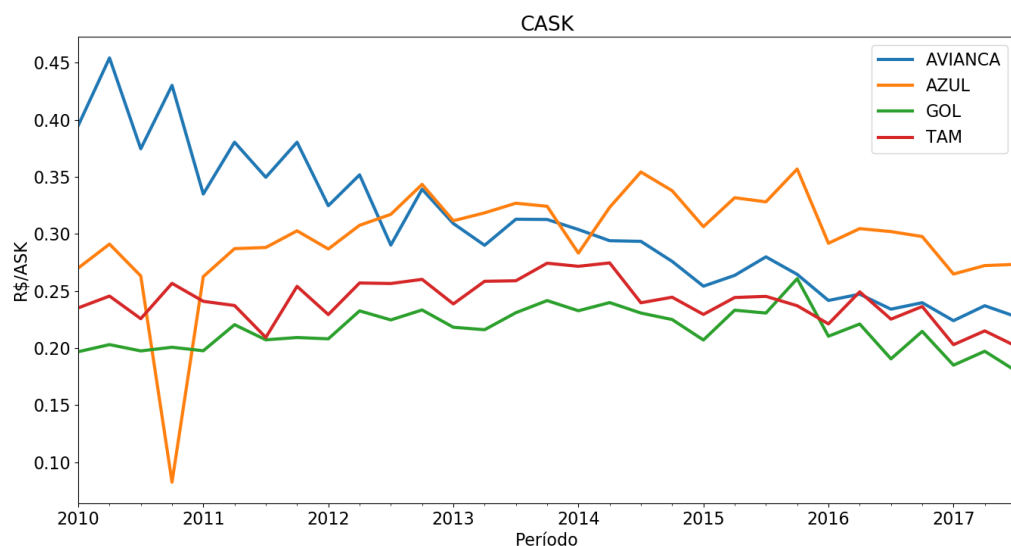


Figura 35 – Variação do CASK para as linhas aéreas durante o período.

Com relação ao *Yield* (rendimento), a empresa Azul apresentou os melhores valores, conseguindo obter receita de várias fontes de seus passageiros. Enquanto isso, a Avianca apresentou grande redução, seja por ter iniciado operações em rotas mais concorridas, ou por falta de

alternativas além das passagens para gerar receita, o que pode deixar a receita companhia muito dependente do número de passagens. As empresas Tam e Gol apresentaram ligeira diminuição no indicador, o que também pode ser entendido devido ao aumento de concorrência do mercado. Por serem empresas já consolidadas, conseguiram buscar alternativas para não ter seus rendimentos diminuídos durante o período de diminuição da demanda, após 2015. Os dados estão apresentados na Figura 36.

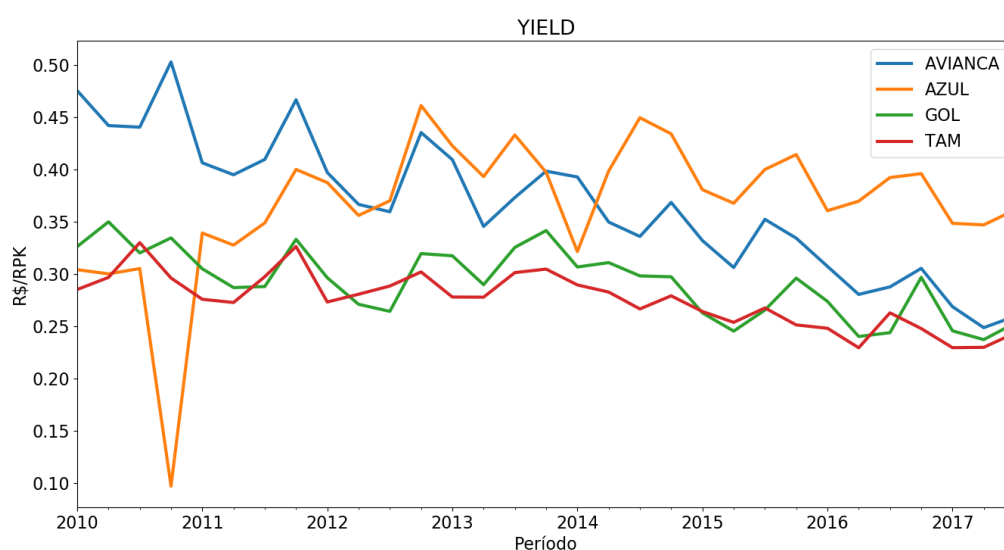


Figura 36 – Variação do *Yield* para as linhas aéreas durante o período.

A Figura 37 contém o resultado de voo das companhias aéreas durante o período de 2010 a 2017. É possível perceber a complexidade que há em se gerir, operar e manter uma linha aérea, com resultados muitas vezes negativos, dados fatores sazonais, concorrência, influências externas, todos impactando o resultado operacional das companhias. Nota-se o resultado negativo que a empresa Tam apresentou no período, porém, uma vez que sua grande e custosa estrutura, além da concorrência setorial, impactaram as receitas da companhia. A hegemonia que havia no período anterior, entre 2000 e 2010, entre as empresas Tam e Gol está atualmente acabada com a entrada da Azul dominando uma fatia já significativa do mercado e apresentando resultados positivos, principalmente entre 2013 e 2015. A Gol apresenta pouca regularidade, com resultados positivos e negativos, dando um balanço geral não muito expressivo e perdendo espaço em rotas anteriormente importantes, o que impacta negativamente seu balanço final. O mesmo vale para a Avianca, com resultados ainda inferiores do que a Gol e, apresentando resultados negativos no final do período, o que comprometem seu capital de giro e, consequentemente, sua expansão.

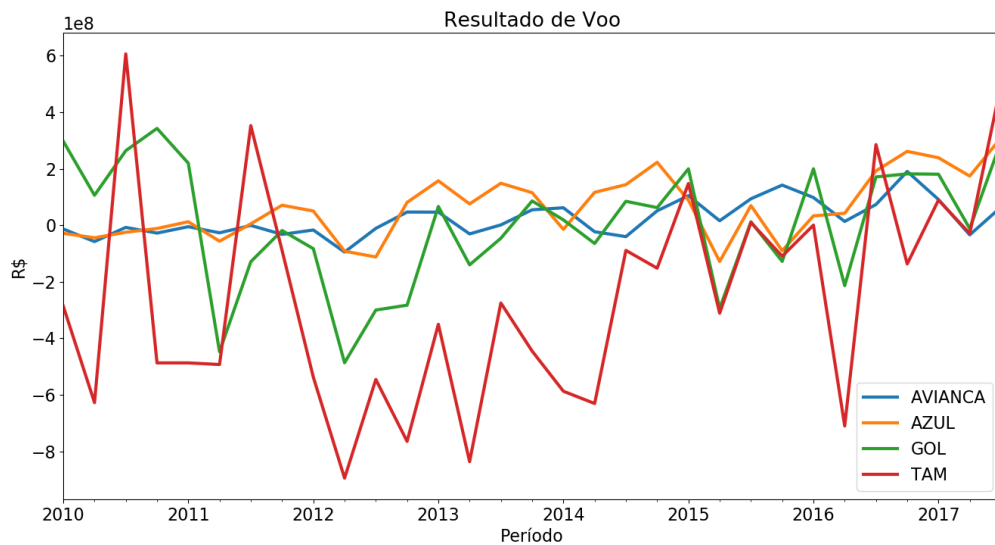


Figura 37 – Resultado de voo para as companhias aéreas.

Com relação ao resultado operacional das companhias aéreas, é possível calcular qual a taxa de ocupação necessária para que os custos da companhia sejam pagos pela receita de passagens, isto é, o *BELF*. Na Figura 38 o *BELF* para as companhias pode ser visualizado. Deve-se salientar que companhias que apresentem alto valor para este indicador devem procurar gerar receita por meio de outras atividades também, como transporte de cargas, serviços personalizados, cobrança por transporte de bagagens, entre outras possibilidades.

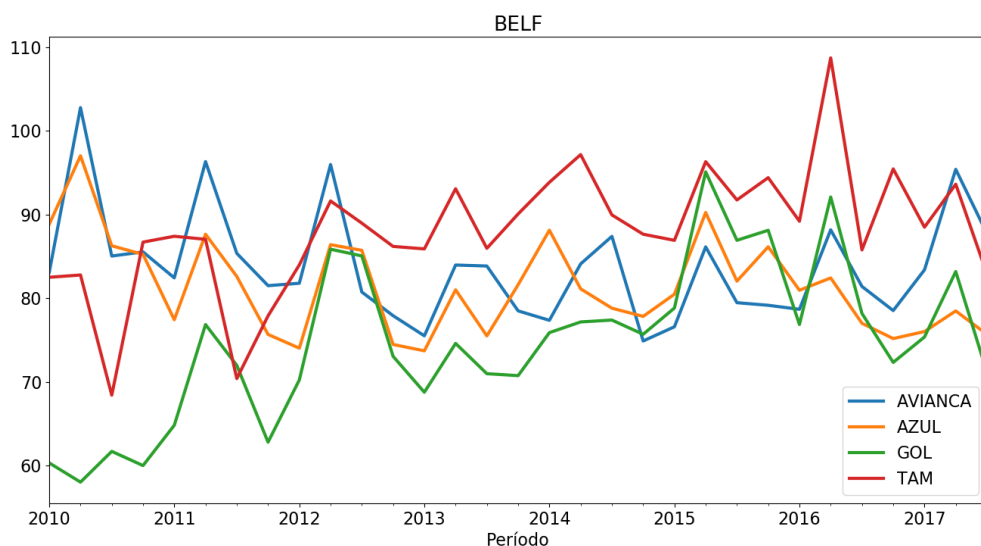


Figura 38 – Resultado de *BELF* para as companhias no período.

Assim, levando em consideração apenas a receita de passagens, o que garantiria ao menos uma receita operacional líquida com saldo positivo, tem-se a Figura 39. É possível verificar então, que a companhia Tam possui como modelo de negócios a estratégia **FSC**, porém, seu *BELF*

encontra-se significativamente acima de seu *Load Factor*. Uma vez que para uma **FSC** a maior parte da receita é dependente fortemente da receita de passagens, dado que outros serviços estão inclusos nos pacotes com passagens, essa situação apresenta-se como crítica para a empresa. Ainda assim, o transporte de cargas pode aliviar as contas da Tam, facilitando com que sua Receita Operacional Líquida seja positiva, porém, deve-se atentar ao grande fator de gastos para proporcionar todos os serviços de uma **FSC** e a demanda não correspondente para essa operação.

Por outro lado, empresas do tipo **LCC** tendem a apresentarem um *BELF* relativamente inferior ao seu *Load Factor*, operando com alta taxa de ocupação. Outra vantagem operacional é a cobrança por serviços adicionais, rentabilizando mais adequadamente sobre a demanda ao fazer uma segmentação de clientes, uma vez que são eles que escolhem os serviços adicionais que querem contratar.

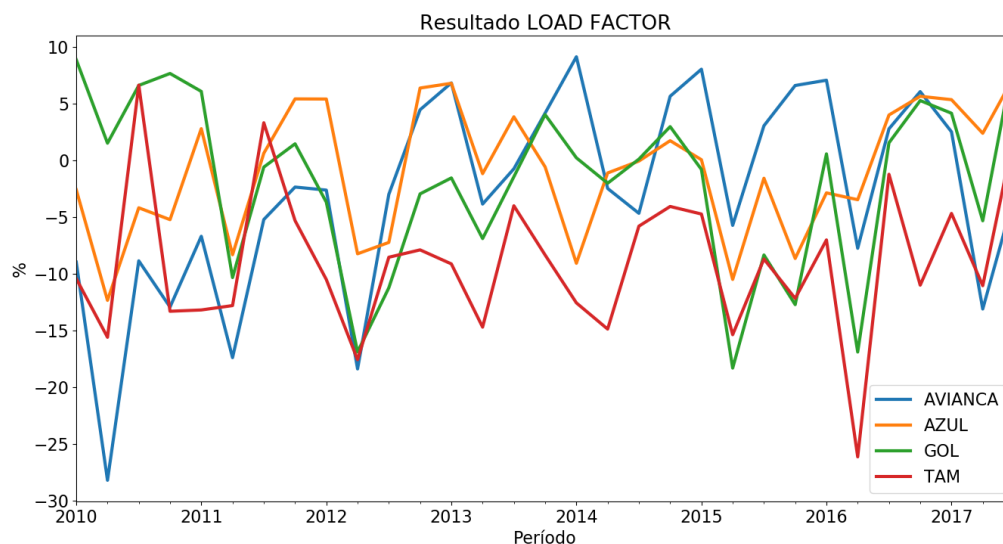
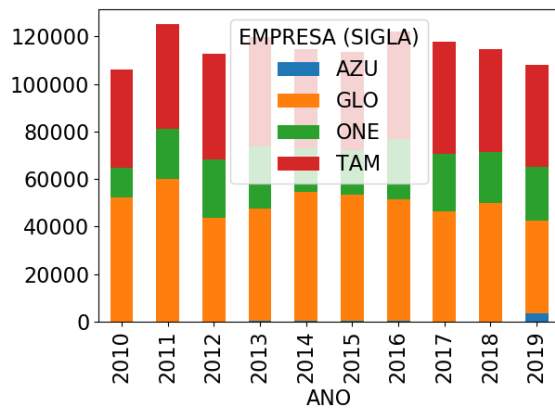


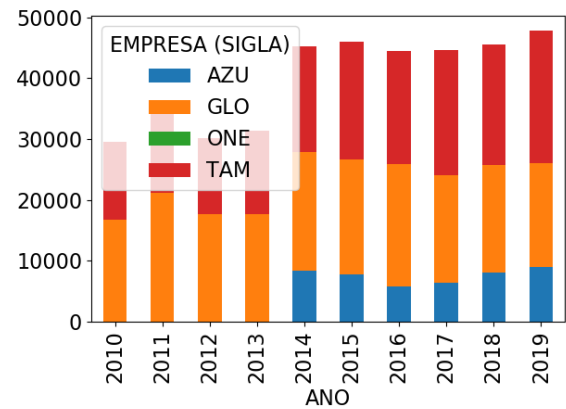
Figura 39 – Resultado da taxa de ocupação, calculado como *LOADFACTOR – BELF*.

4.2.2 Rotas

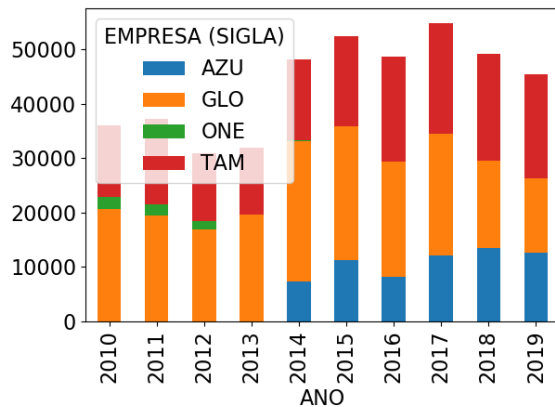
Nesta seção serão analisadas algumas das principais rotas brasileiras, levando-se em conta o número de passageiros transportados por cada companhia aérea. É possível inferir algumas preferências e características que são importantes para a entrada de uma linha aérea em uma nova rota, principalmente com relação ao tamanho da rota quanto a demanda, e a presença de concorrentes.



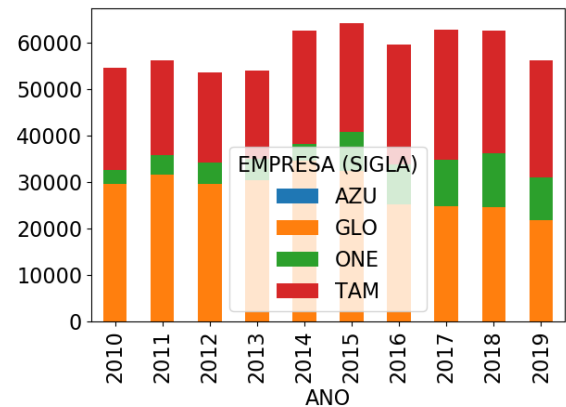
(a) Rota SBSP - SBRJ.



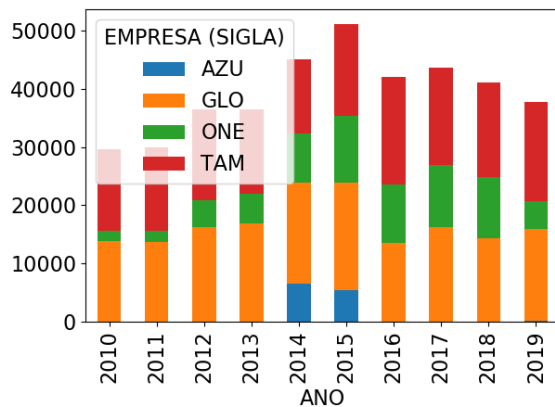
(b) Rota SBSP - SBCT.



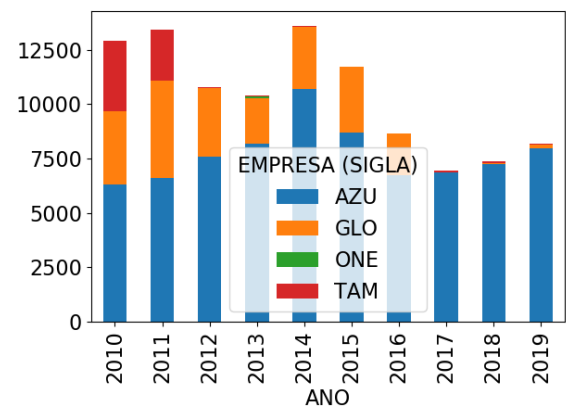
(c) Rota SBSP - SBCF.



(d) Rota SBSP - SBBR.

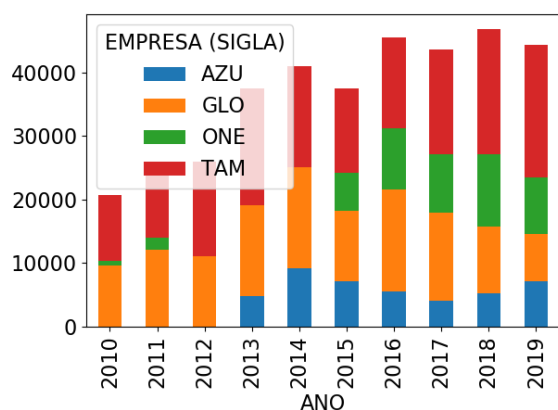


(e) Rota SBRJ - SBRR.

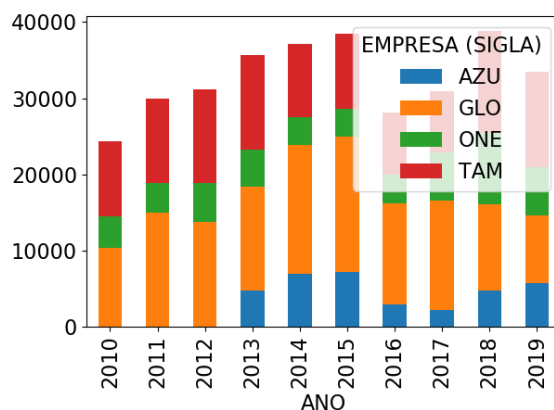


(f) Rota SBKP - SBCT.

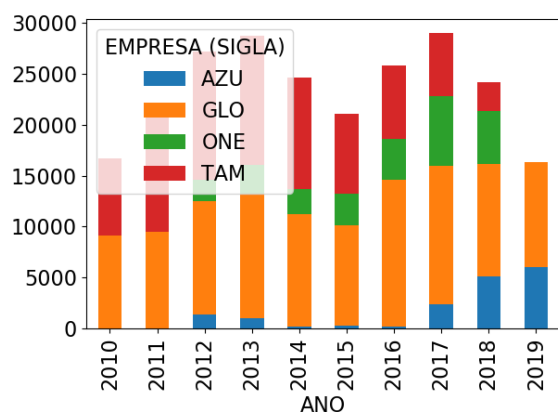
Figura 40 – Análise da evolução das maiores rotas do país com relação ao número de passageiros transportados.



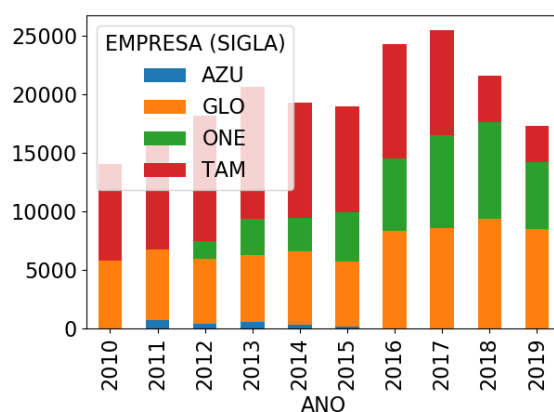
(a) Rota SBGR - SBCT.



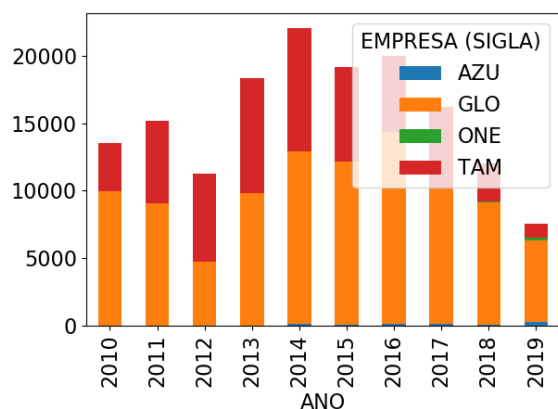
(b) Rota SBGR - SBBR.



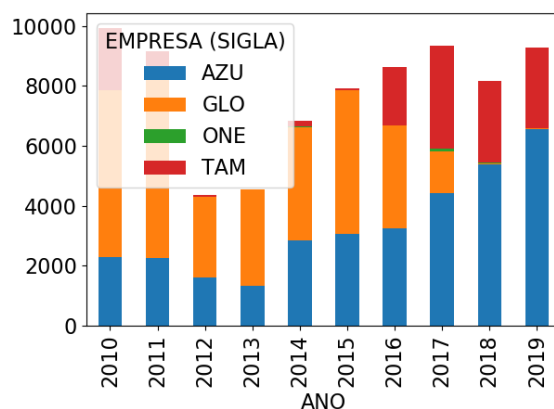
(c) Rota SBGL - SBRF.



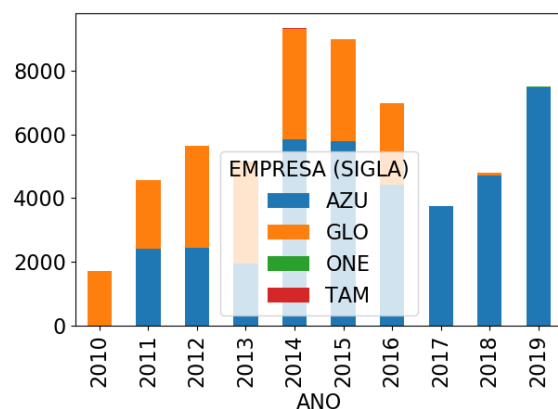
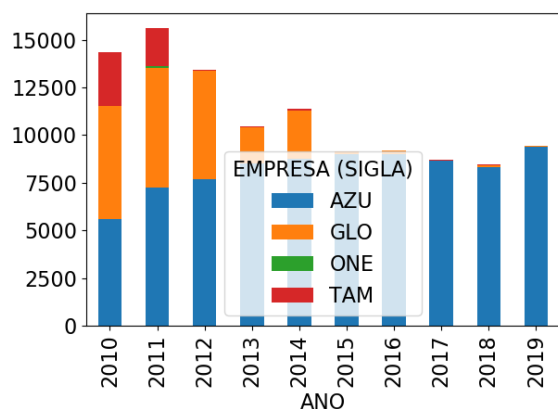
(d) Rota SBGL - SBFZ.

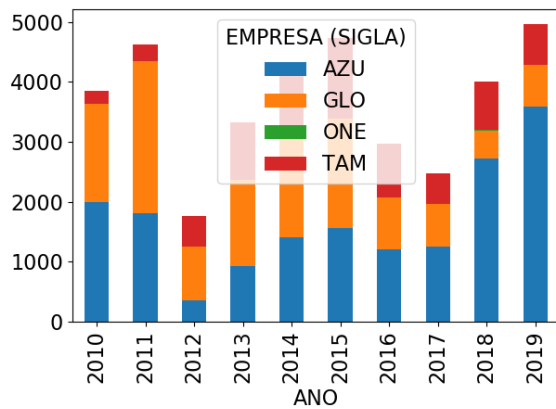


(e) Rota SBGL - SBCT.

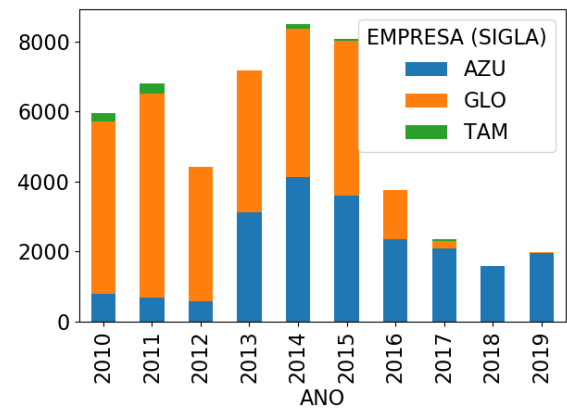


(f) Rota SBCF - SBRF.

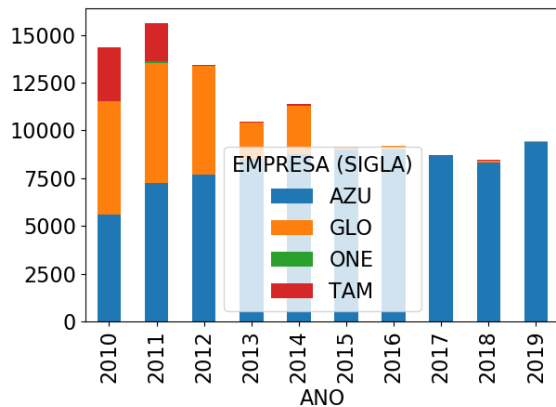




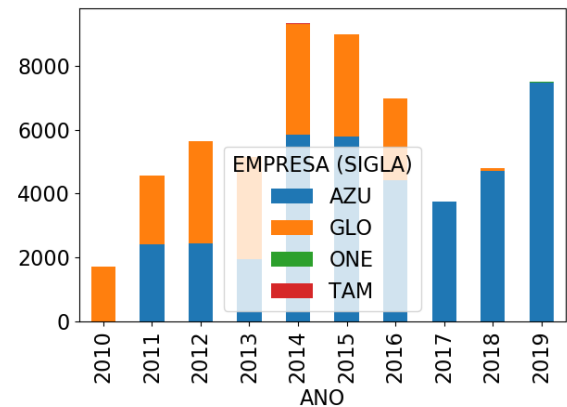
(a) Rota SBCF - SBFZ.



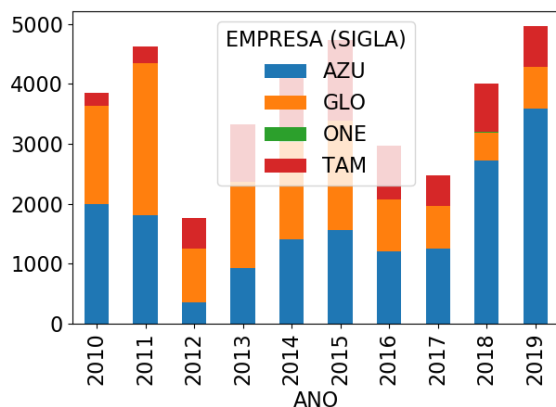
(b) Rota SBCF - SBCT.



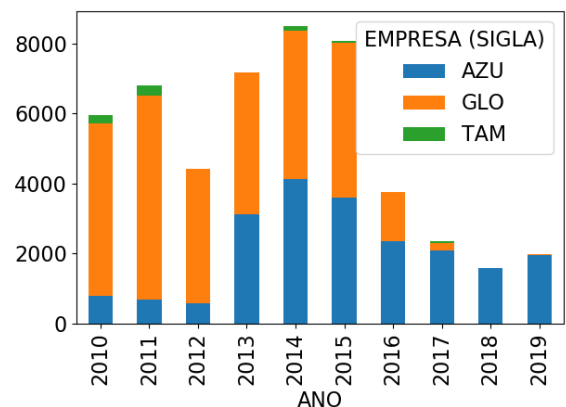
(c) Rota SBCF - SBKP.



(d) Rota SBCF - SBGO.



(e) Rota SBCF - SBFZ.



(f) Rota SBCF - SBCT.

Figura 42 – Análise da evolução das maiores rotas do país com relação ao número de passageiros transportados. [Continuação]

Os *Hubs* da empresa Azul são principalmente Viracopos (SBKP) e Confins (SBCF). É possível observar que a companhia busca dominar a demanda de seus principais aeroportos, minando a participação da concorrência. Outro fator interessante a avaliar é a preferência da empresa por aeroportos e rotas secundárias, mal exploradas por concorrentes e com baixo fator

de concentração, o que facilita sua penetração. A empresa buscou apenas em uma segunda fase expandir sua participação procurando por aeroportos de intenso movimento, como SBSP, SBGR, SBGL e SBRJ. Essas rotas já estão bem dimensionadas por outras empresas e a competitividade é alta, o que dificulta o aumento de participação de mercado da empresa nesse cenário. Outro exemplo com relação ao menor enfoque da Azul com relação a linhas de grande fluxo e competitividade é o início de suas operações na ponte Rio-São Paulo (SBSP-SBRJ) apenas em 2019.

A Gol começa a sofrer forte concorrência, principalmente da Azul, em rotas nas quais antes operava praticamente isolada e sem ameaças. Houve uma diminuição de sua participação em algumas rotas, principalmentenos *Hubs* da Azul. Houve também aumento da concorrência em rotas para o norte do país, como para o aeroporto de SBFZ, em que houve expressivo aumento da participação da Avianca no número de passageiros transportados, deixando uma menor fatia de mercado para a Gol. Isso também pode ser observado em outras rotas nas quais a Gol atuava detendo maior parcela de consumidores.

A Avianca buscou paulatinamente aumentar suas parcelas de mercado, porém, atuando em rotas nas quais Tam e Gol já atuavam e detinham a imensa maioria. Isso pode ter causado o ritmo lento pelo qual o crescimento do número de passageiros transportados pela empresa se deu. Outro exemplo seria a própria ponte Rio-São Paulo, na qual a empresa conseguiu atingir certo volume de passageiros, porém tem dificuldades para expandir esse número.

Com relação a Tam, o cenário de maior concorrência tem afetado também a participação de mercado da empresa. Houve diminuição no número de passageiros transportados tanto em rotas em que houve a entrada de novas empresas (Azul e Avianca), quanto em rotas nas quais ela dividia o mercado com a Gol, como por exemplo na rota SBGL-SBCT. Deve-se no entanto fazer uma ressalva de que foram analisadas apenas rotas nacionais e que a empresa Tam, em específico, é a que possui maior porcentagem de sua receita advinda tanto de rotas internacionais quanto de cargas. Assim, pode ser que a empresa esteja focando também em outras áreas para manter-se sólida e atuante. No entanto, a diminuição de sua participação no mercado é um sinal de alerta para mudanças que devem ser realizadas em prol de assegurar sua posição.

4.3 Produtividade

A análise de *DEA* realizada considerou os seguintes parâmetros de *input*:

- Custo com Tripulantes Técnicos por Voo
- Custo Serviço de Bordo por Voo
- Depreciação de Equipamentos de Voo
- Custo com Manutenções e Revisões por Voo
- Custo com Seguro de Aeronaves por Voo
- Custo de Arrendamento de Aeronaves
- Despesas Administrativas e Gerais
- Volume de Combustível consumido
- CASK
- Total de Custos e Despesas Operacionais

Os parâmetros de *input* foram selecionados de modo a abranger tanto parâmetros de mão de obra, como gastos com o equipamento em si (aeronave), além de custos associados a energia consumida, no caso, o combustível.

Para as variáveis de *output* foram selecionados:

- Resultado de Voo (Receita Operacional Líquida)
- Total da Receita de Voo (Nacional e Internacional)
- RPK
- RTK

Os parâmetros escolhidos conseguem proporcionar uma imagem ampla das companhias, avaliando suas receitas tanto do ponto de vista financeiro quanto do ponto de vista operacional.

Assim, cada uma das empresas em cada trimestre foi considerada como uma unidade. Inserindo todas essas unidades tomadoras de decisão (DMU) no modelo, obteve-se o resultado da Figura 43.

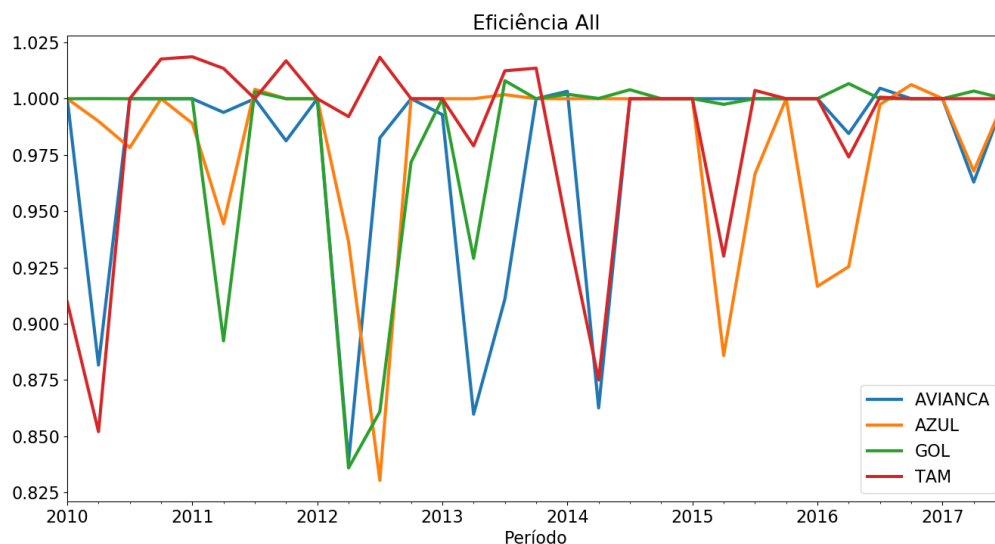


Figura 43 – Resultado da análise de DEA.

Para as unidades menos eficientes, foi observado que há uma grande penalização das variáveis de custo, fazendo seu grau de eficiência relativa ser inferior.

Os indicadores que tiveram maior peso nessa diminuição da eficiência relativa foram:

- Custo do serviço de bordo
- Custo do Seguro
- Custo de manutenção
- Custo com Tripulantes Técnicos por Voo

Esses fatores relativamente elevados frente aos concorrentes causou impactos nos rendimentos das companhias, sem contar que seu alto valor dificultam uma mudança de organização ágil por parte da linha aérea, fazendo com que seus efeitos perdurem por um período ainda

maior.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Um amplo levantamento de dados operacionais e financeiros das principais linhas aéreas do país foi realizando, sendo possível avaliar em conjunto fatores que possuem forte correlação com o desempenho e produtividade das companhias.

Foi observado o grau de complexidade elevado em se gerenciar uma linha aérea, devendo manejar rotas, aeronaves, pessoas, custos, segmentação da demanda, entre outros fatores relevantes.

Os equipamentos utilizados nestas operações, as aeronaves, exigem alto investimento inicial e de manutenção, além de requerer um elevado gasto com combustível, o que chega a corresponder a um terço dentre todos os gastos das empresas de transporte aéreo.

Além disso, foram avaliadas as rotas e o desempenho financeiro das companhias durante o período de 2010 a 2017, buscando encontrar sinais de suas estratégias administrativas em seu posicionamento no mercado.

Avaliou-se alguns parâmetros que merecem atenção com relação à manutenção da saúde financeira das empresas, como os custos com tripulantes, manutenções, seguros e serviços de bordo. As duas estratégias concorrentes, a saber **FSC** e **LCC** possuem pontos positivos e negativos, tanto com relação a organização de sua malha, quanto em seus parâmetros financeiros e serviços prestados.

Notaram-se algumas mudanças no setor, como o aumento da eficiência energética, a expansão da malha aérea e o aumento tanto da demanda quanto da oferta.

O setor está em crescimento, apesar da ligeira queda a partir de 2015, já mostrando sinais de retomada em 2017.

Como sugestão para análises futuras pode-se avaliar com maior profundidade os dados, principalmente financeiros, buscando focar em empresas e períodos mais específicos. Além disso, corroborar as análises apresentadas com dados de preço de passagem e receitas por rotas pode propiciar estudos de grande valia e a criação de modelos matemáticos que otimizem a receita de

companhias, por exemplo.

O estudo sobre produtividade e uma análise ampla do setor de transporte aéreo pode ser inserido em um contexto de avaliação por parte das empresas e/ou pesquisadores com relação a métricas para serem seguidas ou medidas a serem tomadas, adaptando as estratégias operacionais para melhor atuar no mercado de transporte aéreo.

REFERÊNCIAS

- [ABEAR, 2017] ABEAR (2017). *Panorama 2017*. Associação Brasileira de Empresas Aéreas, São Paulo. Disponível em https://abear.com.br/wp-content/uploads/2019/03/PanoramaABEAR_2017-atualizacao-29032019.pdf?utm_source=Site%20Panorama. Acessado em 11/11/2019.
- [Airfleets.Net, 2019] Airfleets.Net (2019). Airfleets: Aircraft productionlist download center, marketplace. Disponível em <HTTPS://WWW.AIRFLEETS.NET/HOME/>. Acessado em 11/11/2019.
- [Almas Heshmati, 2016] Almas Heshmati, J. K. (2016). *Efficiency and Competitiveness of International Airlines*. Springer.
- [ANAC, 2019] ANAC (2019). Mercado do transporte aéreo. Disponível em <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo>. Acessado em 11/11/2019.
- [Anaconda, 2019] Anaconda, I. (2019). Dask: a flexible library for parallel computing in python. Disponível em <HTTPS://DOCS.DASK.ORG/EN/LATEST/>. Acessado em 11/11/2019.
- [CADE, 2017] CADE (2017). Cadernos do cade: Mercado de transporte aéreo de passageiros e cargas. Technical report.
- [Campos, 2013] Campos, A. C. E. (2013). Azul e trip anunciam fusão. Disponível em <HTTPS://EPOCANEgocios.Globo.com/INFORMACAO/ACAO/NOTICIA/2012/05/AZUL-E-TRIP-ANUNCIAM-FUSAO.HTML>. Acessado em 11/11/2019.
- [Castro Casa Nova, 2015] Castro Casa Nova, S. P.; Santos, A. (2015). Aplicação da análise por envoltória de dados utilizando variáveis contábeis.
- [CHARNES, 1978] CHARNES, A.; COOPER, W. R. E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2:429–444.
- [de Araújo Junior, 2004] de Araújo Junior, A. H. (2004). Análise da produtividade do transporte aéreo brasileiro.

- [de Comunicação Social, 2013] de Comunicação Social, A. (2013). Cade aprova, com restrições, fusão entre azul e trip. Disponível em [HTTP://WWW.CADE.GOV.BR/NOTICIAS/CADE-APROVA-COM-RESTRICOES-FUSAO-ENTRE-AZUL-E-TRIP](http://www.cade.gov.br/noticias/cade-aprova-com-restricoes-fusao-entre-azul-e-trip). Acessado em 11/11/2019.
- [Eilon, 1985] Eilon, S. (1985). A framework for profitability and productivity measures.
- [Foundation, 2019] Foundation, P. S. (2019). The python language reference. Disponível em [HTTPS://DOCS.PYTHON.ORG/3.7/REFERENCE/](https://docs.python.org/3.7/reference/). Acessado em 11/11/2019.
- [Gol, 2017] Gol (2017). A gol - nossa história. Disponível em: [HTTPS://WWW.VOEGOL.COM.BR/PT/A-GOL/NOSSA-HISTORIA](https://www.voegol.com.br/pt/a-gol/nossa-historia). Acessado em 11/11/2019.
- [GOMES, 2014] GOMES, Sérgio Bittencourt Varella; FONSECA, P. V. d. R. (2014). Análise econômico-operacional do setor de transporte aéreo: indicadores básicos. *Biblioteca Digital BNDS*, pages 131–162. Disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2861/1/BS%2040%20An%C3%A1lise%20econ%C3%B4mico-operacional%20do%20setor%20de%20transporte%20aereo_P.pdf. Acessado em 11/11/2019.
- [Goodwin, 2008] Goodwin, G. N. C. J. (2008). Airline networks: A comparison of hub-and- spoke and point-to-point systems. *Journal of Aviation/Aerospace Education Research*, 17.
- [Hunter, 2007] Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2d graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3):90–95. Disponível em [HTTPS://MATPLOTLIB.ORG/](https://matplotlib.org/). Acessado em 11/11/2019.
- [John, 2011] John, M. F. F. (2011). What comes next after recession? e airline industry scenarios and potential end games. *Journal of Air Transport Management*, pages 19–26.
- [Juliboni, 2013] Juliboni, D. B. M. (2013). O que foi notícia na aviação mundial nos últimos meses. *Exame*. Disponível em [HTTPS://EXAME.ABRIL.COM.BR/NEGOCIOS/O-QUE-FOI-NOTICIA-NA-AVIACAO-MUNDIAL-NOS-ULTIMOS-MESES/](https://exame.abril.com.br/negocios/o-que-foi-noticia-na-aviacao-mundial-nos-ultimos-meses/). Acessado em 11/11/2019.
- [jzuccollo, 2019] jzuccollo (2019). Data envelopment analysis module for python. Disponível em [HTTPS://GITHUB.COM/JZUCCOLLO/PYDEA](https://github.com/jzuccollo/pydea). Acessado em 11/11/2019.
- [Myre, 2015] Myre, M. A. (2015). An analysis of airline’s financial performance and its influencing factors.
- [Márcia Skalski, 2015] Márcia Skalski, Alessandro Lepchak, T. R. S. E. A. d. S. (2015). Análise de eficiência do setor aéreo brasileiro. *XXII Congresso Brasileiro de Custos*.
- [of Justice, 2010] of Justice, T. U. S. D. (2010). Horizontal merger guidelines (08/19/2010). Disponível em: [HTTPS://WWW.JUSTICE.GOV/ATR/HORIZONTAL-MERGER-GUIDELINES-08192010](https://www.justice.gov/atr/horizontal-merger-guidelines-08192010). Acessado em 11/11/2019.
- [Oliveira, 2009] Oliveira, A. (2009). *Transporte Aéreo: Economia e Políticas Públicas*. Pezco Editora, 1 edition.

-
- [Passos, 2003] Passos, E. (2003). Avaliação da produtividade industrial: Conceitos e métodos de avaliação.
- [Python, 2019] Python (2019). Python data analysis library. Disponível em <HTTPS://PANDAS.PYDATA.ORG/INDEX.HTML>. Acessado em 11/11/2019.
- [Ribeiro, 2014] Ribeiro, G. (2014). 10 fatos que marcaram a aviação brasileira em 2014. *Gazeta do Povo*. Disponível em: <HTTPS://WWW.GAZETADOPOVO.COM.BR/VOZES/AVIOES-EM-FOCO/10-FATOS-QUE-MARCARAM-A-AVIACAO-BRASILEIRA-EM-2014/>. Acessado em 11/11/2019.
- [Tam, 2011] Tam (2011). A lógica financeira e o espaço do transporte aéreo comercial brasileiro.
- [Veiga, 2010] Veiga, E. (2010). Cem anos depois, osasco revive o primeiro voo da américa do sul. Disponível em <HTTPS://WWW.ESTADAO.COM.BR/NOTICIAS/GERAL,CEM-ANOS-DEPOIS-OSASCO-REVIVE-O-PRIMEIRO-VOO-DA-AMERICA-DO-SUL,491840>. Acessado em 11/11/2019.
- [Wensveen, 2011] Wensveen, J. G. (2011). *Air Transportation: A Management Perspective*. Ashgate Publishing Limited, 6 edition.
- [Woracker, 1996] Woracker, C. M. M. D. (1996). Data envelopment analysis a non-mathematical introduction. *OR Insight*.
- [Yu, 1998] Yu, T. H. O. C. (1998). *Winning Airlines: Productivity and Cost Competitiveness of the World's Major Airlines*, volume 6.
- [Zeni, 2013] Zeni, R. (2013). Financial analysis for airlines. Disponível em: <HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?v=-ZVACF-TQU4LIST=PL3K3ZQPORQBNVT1TFBTWGIGFX6WDC8NOJ>. Acessado em 11/11/2019.
- [Época Negócios, 2019] Época Negócios (2019). Cinco aéreas de baixo custo já chegaram ao brasil, mas decisão sobre bagagem pode frear expansão. Disponível em <https://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2019/08/cinco-aereas-de-baixo-custo-ja-chegaram-ao-brasil-mas-decisao-sobre-bagagem-pode-frear-expansao.html>. Acessado em 11/11/2019.