

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA**



**Rebeca Soares Lopes**

**Modelo DEA de análise de eficiência: estudo de caso  
das políticas de hedge das empresas aéreas do  
mercado brasileiro**

Trabalho de Graduação  
2018

**Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica**

**Rebeca Soares Lopes**

**Análise de eficiência das políticas de hedge das  
empresas aéreas do mercado brasileiro**

Orientadores

Prof. Dr Rogéria de Arantes Gomes Eller

**ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2018

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Divisão de Informação e Documentação**

Lopes, Rebeca Soares  
Modelo DEA de análise de eficiência: estudo de caso das políticas de hedge das empresas aéreas do mercado brasileiro.  
São José dos Campos, 2018.  
Número de folhas no formato 46f.

Trabalho de Graduação – Curso a que pertencem os autores – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ano. Orientador: Prof. Dr Rogéria de Arantes Gomes Eller.

1. *Hedge*. 2. Combustível. 3. *Leasing*. 4. DEA. 5. Empresas aéreas Brasil. II. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. III. Análise de eficiência das políticas de *hedge* das empresas aéreas do mercado brasileiro

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

Lopes, Rebeca Soares. **Modelo DEA de análise de eficiência: estudo de caso das políticas de hedge das empresas aéreas do mercado brasileiro** *álise de eficiência das políticas de hedge das empresas aéreas do mercado brasileiro*. 2018. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

**CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Rebeca Soares Lopes  
TÍTULO DO TRABALHO: Análise de eficiência das políticas de *hedge* das empresas aéreas do mercado brasileiro  
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2018

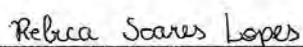
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização da autora.

Rebeca Soares Lopes

Rebeca Soares Lopes  
Rua H8 A – apto 104  
12228-460, S. J. Campos - SP

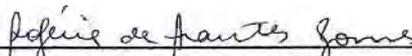
**Modelo DEA de análise de eficiência: estudo de caso  
das políticas de *hedge* das empresas aéreas do  
mercado brasileiro**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Rebeca Soares Lopes

Autor



Prof. Dr. Rogéria de Arantes Gomes Efler (ITA)

Orientador



Prof. PhD Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso e Engenharia Civil- Aeronáutica

São José dos Campos, 14 de novembro de 2018

A todos aqueles que tornaram a jornada um  
pouco menos árdua.

## Agradecimentos

À minha família, que sempre me apoiou nessa jornada. Principalmente, aos meus pais e ao meu irmão, que sempre fizeram tantos sacrifícios para eu estar aqui, e mais que isso, aguentaram a saudade e o aperto no coração todos esses anos.

Aos meus amigos da escadinha, por todos esses anos de amizade. Obrigada por me ensinar o que é amizade e por nunca me deixarem desistir.

Agradeço aos grandes mestres que eu tive no c7s por me ajudar a tornar isso possível. Aos grandes amigos que eu fiz na turma ITA, vocês começaram a sonhar esse sonho comigo, me ensinaram muito mais que física, química e matemática. Aqueles dias de estudo, brincadeiras e almoço no iguatemi sempre estaram nas minhas memórias.

À 18.3, a melhor turma do Fund. Em especial, ao Tércio Perotti e ao Francisco Muniz, vocês não sabem o quanto aqueles viradões de MAT e aquelas dominos de terça me ajudaram a resistir ao Fund.

Aos guerreiros da Civil - 18, que sobreviveram aos projetos, viradões e visitas infinitas nesses três anos de curso. Quem diria, que hoje estariamos aqui. Aos amigos do Tutuba, por resistirem ao pior semestre do ITA. Ao Luis Victor, obrigada por todos os bizus e por me salvar tantas vezes.

As pessoas incríveis do 104, 113, 141, 215 e 322.

Ao Rodrigo Aragão, obrigada por todo o carinho e paciência.

À Gabriela Lima e a Juliette Binhoche, por terem paciência de me aguentar tanto tempo, por sempre me animarem, por sempre serem presentes.

Ao Lucas Pacheco, por puxar minha orelha e me acompanhar nos rodízios de sushi e filmes de terror.

De novo, ao Tércio Perotti, obrigada por me ouvir reclamar da vida, por me levar na dominós e por todos os dias loucos que tivemos no H8.

Por fim, a todos aqueles, que mesmo de longe, rezaram e torceram para que esse dia chegasse.

" Mischief Managed".

(J. K. Rowling)

## Resumo

O setor aéreo opera sob um regime de livre concorrência, esse regime tende a incentivar a inovação, a otimização de custos, a melhoria de eficiência, a modicidade de tarifas e a manutenção de ofertas.

Na otimização de custos, percebe-se que os custos com Combustível e Leasing/Arrendamento de aeronaves representam 45,6% dos gastos das empresas aéreas. Além de aspectos internos das empresas, esses custos também são susceptíveis a flutuações no preço do câmbio e do barril de petróleo.

Como forma de se proteger de dessas flutuações, as empresas aéreas podem contratar diversos instrumentos financeiros a fim de fazer o hedge, ou proteção, dessas flutuações. Contudo, esses contratos não são simples de operar, e uma má gestão dos hedges, pode gerar prejuízos financeiros de grande escala financeira a empresa, podendo levar a empresa a falência, em casos extremos.

Para avaliar as políticas das empresas ao longo dos últimos anos, inclusive passando por diversos cenários macroeconômicos, é feito um estudo com a metodologia DEA – Data Envelopment Analysis. Esta metodologia já foi empregada em diversas áreas da literatura. Na análise, foram comparados os custos operacionais com combustível e arrendamentos e comparados com a demanda por transporte aéreo de cada uma das empresas em cada um dos anos estudados.

## **Abstract**

The airline industry operates under a regime of free competition, this scheme tends to encourage innovation, cost optimization, efficiency improvement, fair rates and maintenance of offers.

In the optimization of costs, costs with Fuel and Leasing account for 45.6% of airline expenses. In addition to the internal aspects of the companies, these costs are also susceptible to fluctuations in the price of the exchange and the barrel of oil.

As a way of protecting itself from such fluctuations, airlines may use various financial instruments to hedge these fluctuations. However, these contracts are not simple to operate, and poor management of hedges can generate large-scale financial losses to the company and can lead to bankruptcy in extreme cases.

In order to evaluate the policies of the companies over the last years, including through several macroeconomic scenarios, a study is made with the DEA - Data Envelopment Analysis methodology. This methodology has already been used in several areas of the literature. In the analysis, the operational costs with fuel and leases were compared and the air transport demand of each of the companies in each of the studied years was compared.

## Lista de Figuras

Figura 1- Evolução do número de passageiros pagos transportados – mercado doméstico entre 2007 e 2016 (Anuário da Anac, 2016) .....	16
Figura 2- Composição dos custos e despesas de voo da indústria aérea em 2016. (Anuário da ANAC, 2016) .....	17
Figura 3- Participação das quatro maiores empresas em passageiros pagos transportados – mercado doméstico, 2016 (Anac, 2016).....	19
Figura 4- Evolução da taxa de câmbio R\$/US\$ entre 2007 e 2016 (Anac, 2016).....	22
Figura 5- Variação do preço médio do barril de petróleo entre 2007 e 2016. (Anac, 2016)....	24
Figura 6 – Número de empresas aéreas que tem posse e/ou arrendam aeronaves (Morrel, 2007).....	25
Figura 7- Exemplo genérico de um processo produtivo (de Mello et al, 2005).....	31
Figura 8- Formulação do modelo linear DEA orientado a outputs com retornos de escala variáveis.....	31
Figura 9- Exemplo de DEA para inputs e outputs únicos. ....	32
Figura 10- Formulação do modelo linear DEA orientado a inputs com retornos de escala constantes. ....	33
Figura 11- Resultados de escores de eficiência.....	36

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Resultados da análise de eficiência dos grupos de interesse	35
Tabela 2- Base de dados utilizada no modelo com 3 casas decimais.	43
Tabela 3- Resultados da análise de eficiência dos grupos de interesse com maior precisão	44

## Lista de Abreviaturas e Siglas

Anac	Agência Nacional de Aviação Civil
COPOM	Comissão de Política Monetária
DMU	Decision Making Unit
DEA	Data Envelopment Analysis
LAJIDA	Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização
QAV	Combustível de Aviação
RPK	Passageiro- Quilômetro Pago Transportado
UCT	Unidade de Carga de Trabalho

## Lista de Símbolos

- $w_{ri}$  peso atribuído ao output  $r$
- $w_{ri}$  peso atribuído ao input  $r$
- $x_{ir}$  input  $i$  da  $DMU_r$
- $y_{ir}$  output  $i$  da  $DMU_r$
- $x_{ir}$  valor do  $i$ -ésimo input da  $DMU_{it}$
- $y_{ir}$  valor do  $i$ -ésimo output da  $DMU_{it}$
- $O_{it}$  variável BCC orientada a outputs
- $O_{it}$  eficiência para a companhia  $O$
- $\lambda_{it}$  peso alocado dinamicamente para cada companhia  $K$

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Motivação .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo do trabalho .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do trabalho .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Empresas aéreas .....</b>	<b>19</b>
2.1.1	Avianca.....	19
2.1.2	Azul .....	20
2.1.3	Gol .....	20
2.1.4	Latam.....	20
<b>2.2</b>	<b>Câmbio.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Hedge .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Custos operacionais susceptíveis ao hedge .....</b>	<b>23</b>
2.4.1	Combustível.....	23
2.4.2	Leasing .....	25
<b>2.5</b>	<b>Cases sobre má gestão de hedge.....</b>	<b>26</b>
2.5.1	Caso Sadia .....	26
2.5.2	Caso Aracruz .....	26
2.5.3	Hedge de combustível e custos operacionais .....	27
2.5.4	Hedge de combustível e flutuações cambiais .....	27
<b>2.6</b>	<b>DEA – Data Envelopment Analysis .....</b>	<b>28</b>
2.6.1	DEA no transporte aéreo .....	28
2.6.2	DEA no setor logístico de refrigeração .....	28
2.6.3	DEA na análise de fusões e aquisições.....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Análise de envoltória de dados .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Modelo Utilizado.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>Dados utilizados .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4</b>	<b>Limitações do modelo .....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>

<b>5</b>	<b>DISCUSSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Cenários Macroeconomicos .....</b>	<b>36</b>
5.1.1	2010 a 2014 .....	36
5.1.2	2015 e 2016 .....	36
<b>5.2</b>	<b>Desempenho das políticas de hedge das empresas aéreas analisadas .....</b>	<b>37</b>
5.2.1	Latam .....	37
5.2.2	Gol .....	37
5.2.3	Azul .....	38
5.2.4	Avianca .....	38
<b>6</b>	<b>COMENTÁRIOS FINAIS .....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>
	<b>APÊNDICE A – BASE DE DADOS UTILIZADA.....</b>	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE B – ESCORES DE EFICIÊNCIA OBTIDOS .....</b>	<b>44</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Motivação

Durante os últimos vinte anos, o Brasil passou por um período de grande crescimento econômico e social. Nesse período, aproximadamente 25 milhões de brasileiros ascenderam para a classe média, que representava 70% da população do País, em 2015, segundo Ribeiro (2015). Essa mudança de cenário gerou impactos em diversos serviços públicos e privados, como por exemplo, no transporte aéreo. Segundo o anuário de 2016 da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), entre os anos de 2007 e 2016, houve um aumento de 87% da demanda por transporte aéreo no mercado doméstico. A Figura 1 apresenta a evolução do número de passageiros do mercado doméstico entre 2007 e 2016.

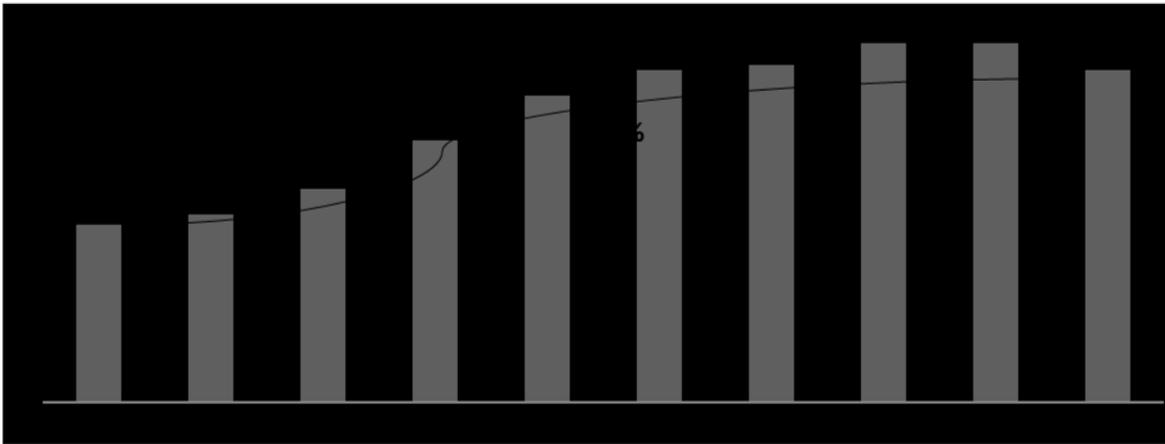


Figura 1- Evolução do número de passageiros pagos transportados – mercado doméstico entre 2007 e 2016 (Anuário da Anac, 2016)

O preço do barril de petróleo, assim como a taxa de câmbio no Brasil, depende de fatores internacionais e nacionais. Entre os fatores que afetam o preço, Vasconcellos et. al. (2016) rumores de confrontos entre países ou alterações em legislações governamentais. As grandes oscilações observadas em 2014, por exemplo, foram resultado de um aumento da produção em diversos países produtores, como Estados Unidos e Arabia Saudita, pela descoberta do pré-sal no Brasil, e por um temor do mercado de uma possível recessão na China, principal consumidor mundial de petróleo.

A Figura 2 representa a composição dos custos e despesas de voo da indústria aérea em 2016.

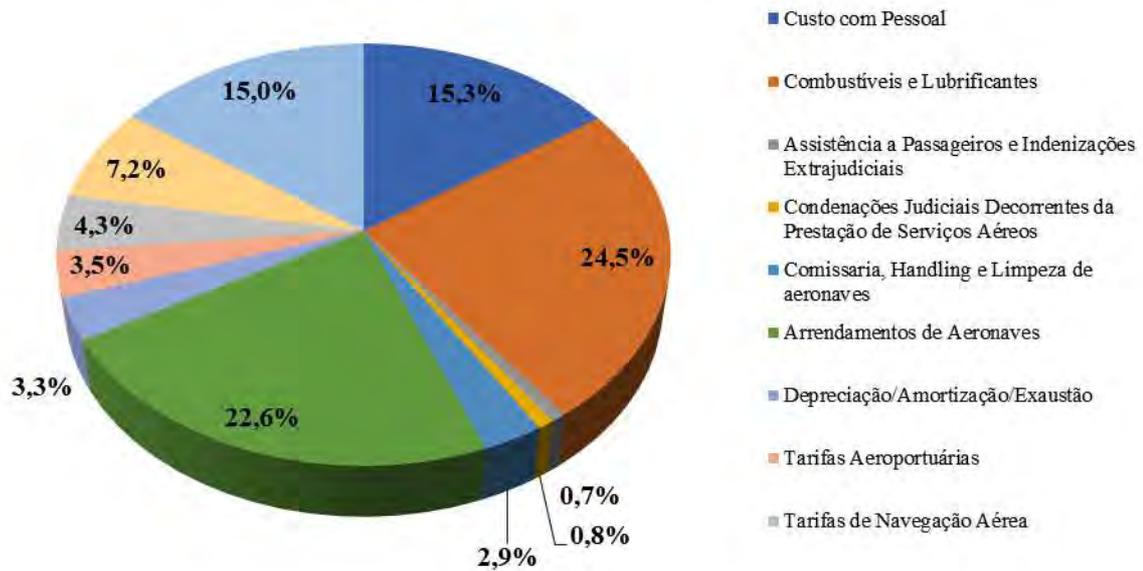


Figura 2- Composição dos custos e despesas de voo da indústria aérea em 2016. (Anuário da ANAC, 2016)

Como é possível verificar na Figura 2, em 2016, os custos com combustível e leasing representaram, respectivamente, 24,5% e 22,6% do total de custos das empresas aéreas. Estes são diretamente influenciados pelas flutuações de câmbio e do preço médio do barril de petróleo internacional, tornando os custos das empresas muito sensíveis as variações de preço desses commodities.

A fim de melhorar a gestão dos custos e garantir uma maior previsibilidade do fluxo de caixa, as empresas aéreas costumam adotar políticas de proteção contra as flutuações, também conhecidas como políticas de hedge (Lim, Hong 2014). Quanto mais eficientes forem essas políticas, menos susceptível aos aspectos macroeconômicos do mercado estará a empresa, possibilitando que esta tenha mais controle sobre seus custos operacionais, muitas vezes, aumentando seus lucros.

## 1.2 Objetivo do trabalho

O objetivo do trabalho é a avaliação de eficiência das políticas de hedge das principais empresas aéreas do mercado brasileiro. Essa avaliação é feita a partir do estudo dos custos com combustível e leasing das empresas, que representam 45,6% dos gastos das empresas aéreas e são muito sensíveis a variações dos preços de commodities, comparando com o respectivo RPK obtido ao longo de diversos anos.

Além disso, visa entender as características do mercado aéreo brasileiro, buscando fatores que podem afetar as empresas desse meio. Apresentar os conceitos e instrumentos de hedging de custos presentes na literatura. Fazer uma revisão bibliográfica de outros trabalhos utilizando a metodologia DEA (Data Envelopment Analysis), verificando a aplicabilidade para o estudo em questão.

### 1.3 Estrutura do trabalho

Nesta parte inicial do trabalho é apresentada uma visão geral do mercado de aviação brasileiro, apresentando os fatores mais relevantes nos custos das empresas, assim como as empresas estudadas. Juntamente com essa contextualização, é apresentada a motivação do trabalho, baseado no impacto que as políticas de hedge podem ter nos balanços das empresas, uma vez que afetam uma grande parcela dos seus custos.

Os capítulos subsequentes são estruturados como apresentados a seguir:

- Capítulo 2: Discorre sobre os principais conceitos usados no contexto de análise de políticas de hedge do mercado de aviação civil. A apresentação mais aprofundada das principais parcelas dos custos das empresas afetadas pelas flutuações de câmbio e preço do barril de petróleo. Seguida de um estudo de caso sobre a má gestão de hedge das empresas e outros estudos feitos utilizando a metodologia DEA;
- Capítulo 3: Apresentação da metodologia DEA, dos conceitos teóricos e matemáticos desse método. Descrição da base de dados utilizada, aplicação do modelo, assim como, algumas limitações teóricas do modelo;
- Capítulo 4: Apresentação do equacionamento utilizado no Excel, dos resultados de escores de eficiência obtidos pelo modelo.
- Capítulo 5: Uma apresentação dos cenários macroeconômicos do País e do setor. Uma discussão sobre os resultados e das políticas adotadas por cada uma das empresas. Comparação dos resultados obtidos com outros dados apresentados pelas empresas ou notícias de jornais sobre as políticas implementadas nas empresas;
- Capítulo 6: Resultados obtidas pelo trabalho, e a apresentação de propostas de outras abordagens do problema estudado.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas e apêndices complementares ao texto.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Empresas aéreas

Segundo os dados do Anuário da Anac (2016), em termos de RPK (Passageiro-Quilômetro Pago Transportado), destacam-se quatro empresas que são responsáveis por 98,7% do mercado brasileiro, como pode ser visto na Figura 3, por isso, apenas estas são consideradas no presente trabalho.

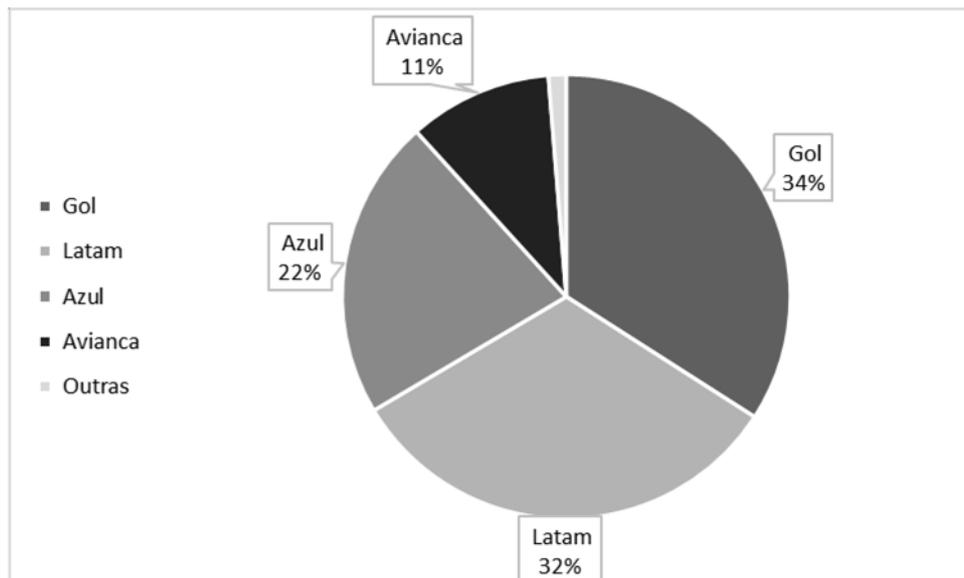


Figura 3- Participação das quatro maiores empresas em passageiros pagos transportados – mercado doméstico, 2016 (Anac, 2016)

#### 2.1.1 Avianca

A OceanAir linhas aéreas iniciou suas atividades no Brasil em 2002. Neste ano, a empresa recebeu autorização da Anac para operar algumas linhas em cooperação com a RioSul, que pertencia ao grupo Varig. A empresa então passou a operar as cidades rejeitadas pela Varig, expandindo rapidamente a sua malha. A empresa tornou-se muito conhecida pelo público quando passou a operar a ponte aérea entre o Aeroporto de Congonhas, em São Paulo, e o Aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro.

Em 2004, o Synergy Group, holding a qual pertencia a OceanAir, comprou a Avianca colombiana, então a OceanAir passou a receber os passageiros da Avianca que vinham para o aeroporto de Guarulhos. Com a parceria, houve um aumento do fluxo de passageiros entre o Brasil e a Colômbia. No mesmo ano, o Synergy Group comprou a VIP Ecuador. Em 2010, como uma estratégia de criar uma mais forte marca em nível continental, a OceanAir foi renomeada para Avianca Airlines. Em 2015, a Avianca Brasil entrou para o Star Alliance após a saída da Tam.

Em 2016, a empresa operou 28 aeroportos distribuídos em 19 estados brasileiros. A Avianca conta com 43 aeronaves na sua frota. O quadro de funcionários é composto por 4,5 mil funcionários, dos quais, 460 são pilotos.

### 2.1.2 Azul

A Azul iniciou suas atividades em 2008 por David Neeleman. Neeleman foi fundador também da WestJet e da Morris Air, após o afastamento da presidência dessas empresas, ele voltou ao Brasil e fundou a JetBlue Airways, que viria a dar origem a Azul. A proposta de David era criar uma nova empresa low-cost no Brasil, com foco no mercado regional, investido em trechos curtos, Neeleman encomendou aeronaves de menor porte, como a Embraer 190 ou o ATR. Outra diferença da Azul é a adoção do modelo de hubs. Em 2009, a empresa iniciou suas operações no Aeroporto de Viracopos, Campinas. Atualmente, a empresa também tem hubs no Aeroporto de Recife e no Aeroporto de Confins, Belo Horizonte. A empresa passou a operar no mercado internacional em 2014, criando voos diretos para os Estados Unidos.

Em 2012, a empresa comprou a Trip. Esta era considerada a maior empresa regional da América Latina. A compra surpreendeu o mercado, uma vez que a Trip negociava a venda de 31% do seu capital para a Tam. Enquanto a Anac não autorizava a fusão das empresas, essas operavam de forma independente com code share, acordo que permite duas ou mais companhias compartilhem um mesmo voo, assim houve uma fusão das malhas. Com a compra, a Azul passou a ter uma participação maior na região norte do País, além da possibilidade de operar voos saindo de Guarulhos, o maior aeroporto do Brasil.

Em 2016, a empresa operou em 109 aeroportos brasileiros, sendo a empresa com maior a maior malha de aeroportos servidos no Brasil. A empresa conta com uma frota de 124 aeronaves, sendo a única das empresas estudadas a ter aeronaves da Embraer. O quadro de funcionários conta com 10,2 mil funcionários, dos quais 1,4 mil são pilotos.

### 2.1.3 Gol

A empresa iniciou suas atividades em 2001, sendo a primeira empresa do mercado brasileiro a adotar o conceito de serviços low-cost. Passou a operar voos internacionais em 2004. Em 2015, a Gol passou a utilizar o modelo de voos charter, que é um voo efetuado por uma companhia aérea que transporta passageiros ou cargas de outra empresa, a empresa mantém essa parceria com diversas companhias aéreas ao redor do mundo, como a americana Delta Airlines e a panamenha Copa Airlines.

Em 2008, a empresa adquiriu a Varig Linhas Aereas, a maior companhia aérea do mercado brasileiro ao final do século XX. A Varig declarou valência em 2006, após seis anos de perda de valor da marca e um acúmulo de dívidas. Com a fusão, a Gol passou a adotar o programa Smiles, programa de fidelidade desenvolvido pela Varig, em 2017, o programa foi eleito o melhor programa de milhagens do Brasil. Em 2013, a Smiles tornou-se independente e em 2018, a Gol anunciou que a empresa será reincorporada a holding da Gol.

Em 2016, a empresa liderou o mercado com 34% de market share em termos de RPK. Também foi a empresa que transportou o maior número de passageiros pagos, responsável por transportar 30,2 milhões de pessoas no setor doméstico. A empresa tem operações em 58 aeroportos em todos os estados do Brasil, além de 23 aeroportos internacionais distribuídos em 17 países. Uma frota de 128 aeronaves e um quadro de 15,1 mil funcionários, dentre os quais, 1600 são pilotos.

### 2.1.4 Latam

A empresa foi fundada por Rolim Amaro em 1976, operando no interior de São Paulo, Parana e Mato Grosso. Em 1981, a empresa atingiu a marca de um milhão de passageiros transportados. Em 1993, a empresa criou o TAM Fidelidade, o primeiro programa de fidelidade do setor aéreo brasileiro. Posteriormente, em 1996, a empresa passou a operar em

todo o território nacional, também houve a fundação da TAM Cargo. E em 1998, passa a operar voos internacionais.

Em 2005, a empresa faz seu IPO e passa a ser vendida na bolsa de valores de São Paulo, no ano seguinte, ela passou a ser vendida também na bolsa de Nova York. Em 2009, o TAM Fidelidade deu origem a uma empresa independente, a Multiplus Fidelidade.

A fusão da empresa com a Lan Airlines, considerada uma das maiores empresas do mercado chileno, foi anunciada em 2010. A época do acordo, era esperado que a nova empresa seria responsável pelo transporte de 60,3 milhões de passageiros por ano, com mais de 150 destinos, com uma receita de 13,5 bilhões de dólares, contando com uma frota de 310 aeronaves.

Em 2016, a empresa, que também se destaca no transporte de cargas, foi responsável por 26,8% da carga paga e de correios da domésticos. Nesse ano, a Latam contava com uma frota de 165 aviões, tendo operado em 49 aeroportos nacionais, em todos os estados do Brasil. Com um quadro de aproximadamente 23 mil de funcionários, sendo 1800 desses pilotos.

## 2.2 Câmbio

Empresas aéreas internacionais vendem passagens em diversos países e moedas, até mesmo em lugares em que não há operação própria. Além disso, essas empresas também estão sujeitas a custos nas moedas utilizadas nos países onde elas operam, também há o costume de comprar equipamento dos principais exportadores do mercado aeronáutico, como os Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, França, Brasil e Alemanha.

Morrel (2011) discute que o câmbio pode ter sérios impactos nos lucros das empresas aéreas. Esses efeitos podem ser causados por atividades de trading, como a compra de combustível, ou por reprecificação de ativos ou obrigações financeiras, como nos contratos de leasing. A Singapore Airlines, por exemplo, anunciou em 1996, que os resultados da empresa na primeira metade do ano foram aquém do esperado devido uma apreciação do preço tanto do combustível de aviação (QAV), como do dólar de Singapura. A depreciação de moedas chave para os lucros da empresa, como o yen (moeda japonesa), contribuíram para uma diminuição dos yields da empresa em 6,7%.

Segundo Vasconcellos et al. (2016), o dólar americano é mundialmente utilizado como fator de troca de produtos e serviços. Assim, essa moeda pode impactar profundamente a economia de países e empresas, pois essas costumam apresentar uma grande parte dos seus custos relacionados a essa moeda estrangeira.

### 2.1.1 Regime Cambial no Brasil

Desde 1999 o Brasil adota um regime de câmbio flutuante, que significa que o valor do dólar frente ao real oscila de acordo com a oferta e a demanda pela moeda estrangeira. De forma mais específica, diz-se que o regime de câmbio brasileiro é considerado “flutuante sujo”, tendo em vista que o Banco Central brasileiro pode interferir no câmbio em situações específicas. Essas interferências podem ocorrer por meio de operações de swap cambial (venda de dólares no mercado futuro), leilões ou vendas diretas, em casos em que o valor do dólar em relação ao real atinja um patamar que, por algum motivo, seja considerado muito alto ou muito baixo, segundo Trevizan et al (2016).

A Figura 4 mostra a evolução da taxa cambial no Brasil entre 2007 e 2016. Nessa, vale destacar a desvalorização do dólar frente ao real após a crise financeira em 2008. Além de uma forte desvalorização do real frente ao dólar após a eleição da presidencial de 2014,

seguida de diversos escândalos de corrupção, como no início de 2017, quando houve a delação premiada dos irmãos Batista, da JBL.



Fonte: Sistema de Informações do Banco Central do Brasil – Sisbacen (PTAX-800).

Figura 4- Evolução da taxa de câmbio R\$/US\$ entre 2007 e 2016 (Anac, 2016).

## 2.3 Hedge

O hedge é uma ferramenta contratual, utilizada pelas empresas aéreas que visam minimizar os custos decorrentes de variações de câmbio ou do valor de commodities, como do barril de petróleo. Segundo Morrel e Swan (2006), as empresas utilizam-se de hedging para estabilizar os seus custos operacionais em moeda estrangeira, visando a prevenção de flutuações causadas pela volatilidade do preço do combustível e do câmbio. Dessa forma, as empresas têm o poder de prever, de maneira muito mais precisa, o custo total, o fluxo de caixa e o lucro.

Segundo Febeliano et. al. (2014) a principal característica do transporte aéreo é a demanda derivada, ou seja, há uma forte dependência de diversos fatores externos, sendo não somente das condições econômicas do país, mas também do mercado internacional, e podendo ser afetada por questões políticas e sociais. Aliado a isso, os custos envolvidos com leasing, manutenção e combustível aumentam de maneira significativa com a desvalorização da moeda local frente ao dólar, podendo levar as companhias aéreas a crises financeiras.

Quando a empresa opta pelo uso de hedging, são utilizados instrumentos financeiros, que decorrem de um contrato entre duas ou mais partes interessadas em realizar determinada transação de transferência de recursos. Lopes et al. (2011) afirmam que os instrumentos financeiros podem ser definidos como “qualquer contrato que origina um ativo financeiro em uma entidade e um passivo financeiro ou título patrimonial em outra entidade”. Estes instrumentos têm por objetivo possibilitar aos agentes econômicos proteção contra riscos e oscilações de preços, taxas de juros, variação cambiais e etc.

Os instrumentos utilizados pelas empresas aéreas podem ser não-derivativos ou derivativos. Os instrumentos derivativos são aqueles cujo o valor depende de outras variáveis. Conforme Lopes et al. (2011), esses contratos são mais susceptíveis aos problemas de sazonalidade e dos riscos do mercado. Dessa forma, eles têm por objetivo possibilitar aos

agentes econômicos proteção contra riscos e oscilações de preços, taxas de juros, variações cambiais, etc.

Um dos principais instrumentos descritos na literatura internacional são os contratos de Swap. Conforme descrito por Bazargan (2012), esses contratos tratam-se de um acordo entre duas partes, na qual a flutuação do preço é substituída por um preço fixo. Além disso, Lopes et. al. (2011) destacam que o contrato de swap é originado da necessidade que algumas empresas apresentam de trocar seus empréstimos de taxas fixas para taxas flutuantes. Ocorre um acordo sem que haja a necessidade de troca transferência diretas de commodities, no caso do combustível, ou alteração dos contratos de leasing, havendo a transferência apenas de valores monetários. Nesse tipo de contrato, são definidos os volumes, a duração e são fixados os preços que apresentariam flutuações no futuro. Para a precificação, pode-se utilizar uma estimativa do valor presente dos fluxos de caixa futuros gerados pelas empresas envolvidas nos contratos.

## **2.4 Custos operacionais susceptíveis ao hedge**

Segundo Febeliano, Oliveira, Muller (2014), a liberalização do transporte aéreo no Brasil teve início na década de 80. Nesse período, foi abolido o monopólio tanto no mercado nacional, como no mercado internacional. Além disso, foram criadas políticas de incentivo para novos players. Nesse período, as tarifas também se tornaram flutuantes, as tarifas fixas foram substituídas por tarifas flutuantes entre -50% e 30% do valor principal.

Apesar da contribuição para o crescimento do transporte aéreo no Brasil, como a otimização de custos derivada do surgimento de fusões e aquisições de empresa, ou o aumento de produtividade, houve também um aumento da concorrência e a falência de algumas empresas. Segundo Lim, Hong (2014), a maior concorrência no mercado ocasionou uma diminuição dos custos operacionais, como forma de manter lucros mesmo com preços competitivos. Apesar desse esforço, percebe-se que esse cenário diminuiu significativamente os lucros das empresas. Pode-se ressaltar por exemplo, que entre 2011 e 2013, o setor do transporte aéreo apresentou resultados financeiros negativos (Vasconcellos et al. 2016). Em 2013, o prejuízo líquido foi aproximadamente 2,4 bilhões de reais.

### **2.4.1 Combustível**

Segundo Doganis (1991), um dos principais fatores associados ao custo unitário das companhias aéreas é a variação no preço do combustível de aviação. Apesar disso, é possível perceber nos relatórios das empresas que estas não apresentam contratos de longo prazo, em geral com até um ano. De acordo com Morrel (2011), as empresas aéreas têm quatro possíveis formas de lidar com as flutuações cambiais e o preço do barril de petróleo:

- i. O aumento da eficiência das aeronaves de modo a reduzir o consumo de combustível, por assento-quilometro;
- ii. Repassar aos clientes o aumento dos custos movido pelo incremento dos preços dos contratos;
- iii. Adoção de políticas de hedging;
- iv. Ou ainda uma combinação das possibilidades a cima.

Segundo Morrel (2011), o aumento da eficiência de consumo de combustível a curto prazo depende de mudanças de procedimentos operacionais, por exemplo, velocidade ou altura de cruzeiro. A maioria dos processos já está no limite de eficiência, considerando os níveis de segurança necessários para operação. Por exemplo, em 2013, a Gol criou um sistema de bonificação de pilotos que conseguissem reduzir o consumo de combustível. A iniciativa

foi largamente criticada, conforme Stochero (2013). Além disso, pode também haver troca gradual para aeronaves mais eficientes no consumo de combustível. Vale ressaltar também que essas políticas têm o mesmo efeito que políticas permanentes de hedging de combustível, uma vez que reduz a volatilidade devido a flutuações de preço.

Morrel (2011) também comenta que companhias aéreas repassaram os custos de flutuações para os clientes, principalmente, no transporte de cargas. Por exemplo, a empresa FedEx, que assim como as empresas aéreas tem operações diversos países, ou seja, receitas em diversas moedas, não adota políticas de hedging uma vez que pode repassar os preços aos clientes finais.

Contudo, os repasses para passageiros domésticos são menos comuns, uma vez que esses são mais sensíveis às alterações de preços. O repasse para passageiros tornou-se ainda mais difícil com a entrada de empresas low-cost no mercado brasileiro, em geral, essas empresas fornecem um serviço com preços abaixo da concorrência. Morrel (2007) explica ainda que algumas companhias fazem o repasse para os passageiros em curto e médio prazo, enquanto investem em sistema para aumentar a eficiência a longo prazo.

Westbrooks (2005) afirma que o preço do combustível é bastante influenciado por características socioeconômicas e políticas, dentre eles, os conflitos ou rumores de guerras, legislações governamentais que propiciam variações expressivas nos preços dos commodities. Assim, como o QAV é um derivado do petróleo, há uma forte correlação entre o seu preço e o preço do barril de petróleo. Segundo dados da Anac (2016), o preço do barril de petróleo variou entre R\$ 57,95 reais em outubro de 2006, até R\$ 117,79 reais em março de 2012, atingindo valores inferiores a R\$ 30 reais no início de 2012.

A Figura 5 mostra a variação do preço médio do barril de petróleo entre 2007 e 2016. Percebe-se na figura uma queda após 2008, está é relacionada a crise financeira do sub-prime que ocorreu nos Estados Unidos, com a recuperação da economia, os preços voltaram aos patamares anteriores. Novamente em 2014, houve uma grande desvalorização do preço do barril, principalmente devido ao início do processo de desaceleração do crescimento econômico na China, maior consumidor de petróleo no mundo.



Fonte: Fundo Monetário Internacional – FMI.

Figura 5- Variação do preço médio do barril de petróleo entre 2007 e 2016. (Anac, 2016).

## 2.4.2 Leasing

Um leasing, ou arrendamento, consiste de um contrato onde o dono de um ativo garante para outra parte o direito exclusivo de uso do ativo por um período determinado, em troca de um pagamento periódico por esse direito. É muito comum o uso desses contratos para casas, escritórios, carros e etc. No contexto das empresas aéreas, esse princípio é aplicado também para aeronaves.

Segundo Morrel (2011), o crescimento acelerado desses contratos ocorreu durante a década de 80, principalmente na segunda metade dessa década. Em 1980, nos Estados Unidos, em torno de 4% das aeronaves comerciais eram operadas sob contratos de leasing. Esse número aumentou para quase 18% em 1990, atingindo 28% em 2004. Enquanto o número de empresas aéreas que tinham alguma parcela da sua frota sob contratos de leasing cresceu para 59% em 1986, para 85% em 1999. No mesmo período, o número de linhas aéreas que têm toda a sua frota arrendada cresceu de 15%, para 40%. Os dados estão apresentados na Figura 6.

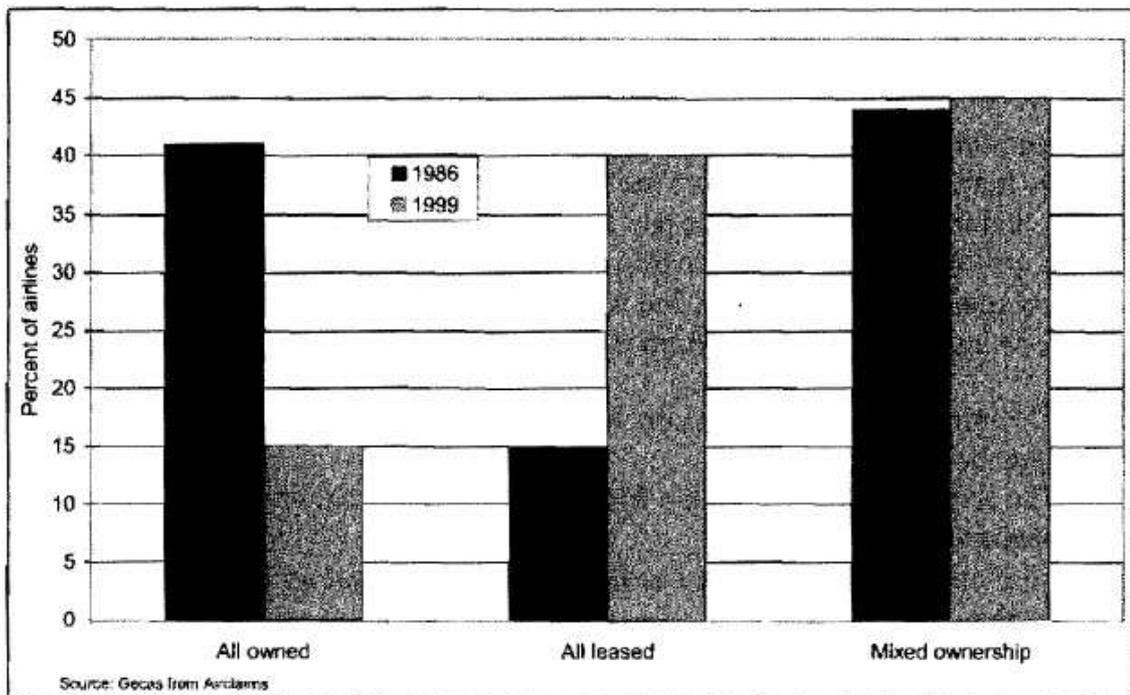


Figura 6 – Número de empresas aéreas que tem posse e/ou arrendam aeronaves (Morrel, 2011).

Ressalta-se que não se deve confundir um leasing com um financiamento, que também consiste de pagamentos periódicos daquele que utiliza um ativo para aquele que é dono do ativo. A diferença fundamental consiste que ao final do contrato de financiamento, o usuário do ativo será dono dele, o que não ocorre em contratos de leasing.

As principais vantagens, segundo Morrel (2011), de um contrato de lease são:

- Descontos devido ao grande volume de aeronaves arrendadas – o que é particularmente atrativo para empresas pequenas;
- A conservação do capital da empresa e da capacidade de crédito;
- Uma procissão de até 100% do financeiro, sem depósitos ou pré-pagamentos;
- Transferência do risco de obsolescência para aquele que aluga as aeronaves;
- Não há necessidade de experiência em troca de aeronaves;

- A possibilidade de exclusão do valor financeiro do leasing do balanço da empresa.

Enquanto as principais desvantagens são:

- Um custo maior quando comparada a compra de aeronaves;
- Os lucros de uma eventual venda ficam com o dono da aeronave;
- No caso de contratos de curto prazo, as especificações da aeronave são mais genéricas e não específicas da empresa aérea.

## 2.5 Cases sobre má gestão de hedge

Conforme comentado em 2.3, as estratégias de hedge são aplicadas para a proteção de empresas com exposição a flutuações de preços de ativos, como o preço do câmbio. Contudo a má gestão do ativo pode trazer consequências desastrosas para as empresas. A seguir, são apresentados o caso da Sadia e da Aracruz, famosos na literatura sobre a má gestão de hedge de empresas brasileiras, a fim de apresentar a relevância que uma gestão ruim pode gerar nas empresas.

### 2.5.1 Caso Sadia

Até 2008, a Sadia era uma das maiores produtoras de alimentos tanto no Brasil, quanto na América Latina, encerrando o ano com uma receita operacional bruta de aproximadamente R\$12 bilhões de reais, sendo 45% desse valor proveniente de exportações, segundo Barreto (2011). A empresa apresentou um crescimento de 18% na receita operacional em comparação a 2007. Além disso, a empresa também manteve uma trajetória de crescimento e cumpriu um ousado programa de investimentos no qual foram investidos 1,8 bilhões de reais visando a expansão dos seus negócios.

A empresa executou diversas operações de hedge que apostavam na valorização do real frente ao dólar. Contudo, entre julho e setembro de 2008, o dólar passou por uma valorização de até 18% frente ao real, segundo a Reuters. Em setembro, a Sadia reportou que devido a liquidação de diversos derivativos futuros, houve um prejuízo de R\$ 760 milhões de reais. Naquele ano, segundo Barreto (2011), a empresa registrou um prejuízo de R\$ 2,5 bilhões, foi o primeiro prejuízo na história da empresa.

Após a divulgação da notícia, o preço das ações caiu 35% em um único dia, uma vez que o mercado não esperava que uma empresa do ramo alimentício estivesse tão exposta. As declarações das perdas culminaram na demissão do diretor financeiro da empresa.

Além dos danos causados pela má gestão, foram iniciadas diversas ações contra a empresa e o diretor financeiro por parte dos acionistas. Estes entendiam que apesar da existência de uma política controle de riscos de câmbio, essas regras não foram respeitadas, uma vez que os contratos foram usados não para proteção cambial, mas para fins especulativos.

Segundo Barreto (2011), a fragilidade financeira causada pelos danos especulativos foi fundamental para a fusão da empresa com a Perdigão em 2009.

### 2.5.2 Caso Aracruz

A Aracruz Celulose era a maior produtora de celulose de eucalipto do mundo e uma das grandes empresas exportadoras do Brasil. Segundo Barreto (2011), 92% da receita operacional da empresa foi proveniente de exportações.

A crise financeira de 2008 reduziu a demanda e a gerou uma diminuição no preço dos produtos no setor de papel e celulose, nesse ano, a Aracruz registrou uma redução de 3,9% da receita líquida em relação ao ano anterior. Barreto (2011) comenta que a empresa teve

resultados operacionais positivos quando comparada com o setor no Brasil e no mundo. Contudo, assim como a Sadia, a empresa contratou instrumentos financeiros protegendo-se de uma valorização do real frente ao dólar.

Em outubro de 2008, a empresa registrou um prejuízo de R\$ 1,5 bilhão de reais no terceiro trimestre, contra um lucro de R\$ 260 milhões de reais no mesmo período no ano anterior. Posteriormente, a Aracruz passou a liquidar contratos futuros a fim de diminuir a exposição a moeda estrangeira, essas transações resultaram em um prejuízo de R\$ 2,1 bilhões de dólares. Além disso, a empresa negociou com diversos bancos um termo de reestruturação dos valores devidos, e em janeiro do ano seguinte, divulgou que havia concluído a reestruturação, alongando a dívida ao longo de nove anos.

A fim de mitigar as perdas financeiras causadas pela má operação dos hedges, os acionistas da empresa venderam suas ações para a Votorantim. Segundo Barreto (2011), a compra também viabilizou economicamente as operações da Aracruz. A fusão das empresas criou a Fibria, maior empresa mundial de celulose de fibra curta e a quarta em celulose total.

Estudos acadêmicos de *hedge*

### 2.5.3 Hedge de combustível e custos operacionais

Segundo Lim, Hong (2014), estudos sobre o hedge de combustível são comuns, mas não apresentam evidências da redução de custos operacionais das empresas, devido o emprego dos contratos. O objetivo do trabalho é examinar a relação entre estratégias de hedge e os custos operacionais do setor aéreo americano, a partir de um modelo de Cost Frontier, entre os anos de 2000 e 2012. No estudo, é constatado que empresas que declaram realizar hedge de combustível tem custos operacionais de 9 a 12% menores que aquelas que não realizam.

### 2.5.4 Hedge de combustível e flutuações cambiais

Segundo Vasconcellos et. al. (2016), o hedging consiste em práticas que visam a redução de risco a exposição a mudanças inesperadas, ressaltando-se o preço do combustível. A partir de uma análise dos custos e receitas operacionais da Tam e da Gol, os autores buscam avaliar as relações entre as flutuações de câmbio e as oscilações no preço do barril de petróleo, a fim de verificar as estratégias empregadas foram efetivas na redução dos custos operacionais.

Os autores compararam o volume de assentos quilometro oferecidos, o custo operacional por assento oferecido e a receita operacional por assento oferecido de cada uma das empresas, além de comparação com dados macroeconômicos obtidos das bases da Anac. A comparação foi feita a partir de um modelo de regressão, pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

Entre os resultados, obteve-se que a TAM emprega estratégias eficientes de *hedging* no período analisand, podendo ser relacionado com a diminuição com os custos operacionais. Finalmente, os autores concluem que a gestão de *commodities*, como QAV, pode apresentar como um problema para as empresas aéreas, especialmente em países que utilizam moedas que não o dólar.

Assim, percebe-se a importância da implementação de boas políticas de hedging pelas empresas expostas as flutuações de câmbio, uma vez que a má gestão desses ativos pode gerar prejuízos em grande escala para as empresas, podendo levar empresas a falência. Para avaliar quais políticas se destacam pela qualidade entre aquelas utilizadas pelas empresas estudadas, será utilizado o modelo DEA - Data Envelopment Analysis.

## **2.6 DEA – Data Envelopment Analysis**

O DEA consiste em uma avaliação de eficiência relativa com múltiplos critérios. O método consiste na comparação entre DMU (Decision Making Units) através da verificação das proporções de inputs e outputs necessários para a sua operação. Existem diversos trabalhos sobre a aplicação do DEA na literatura, atribuindo a unidade tomadora de decisão a diversas áreas de conhecimento. A seguir, são apresentados alguns trabalhos desenvolvidos a fim de apresentar algumas das diversas aplicações do modelo.

### **2.6.1 DEA no transporte aéreo**

O processo de concessão de aeroporto tem se intensificado nos últimos anos. O processo é visto como uma maneira de atender a grande demanda de por transporte aéreo observada nos últimos anos.

Em Mendes (2014), discute os avanços e desafios do modelo de gestão privatizada no Brasil. São detalhados os processos seguidos nas primeiras rodadas de concessão, características dos aeroportos concessionados, as ofertas e os planos de investimentos das empresas vencedoras da concessão.

O autor utiliza a metodologia DEA para analisar a progressão dos escores de eficiência operacional do Aeroporto Internacional de Guarulhos, em São Paulo. Para tal, as DMUs utilizadas representam o aeroporto em questão ao longo de trimestres de 2013 e 2014. Os dados utilizados como inputs são os custos operacionais e custos de construção do aeroporto, já como output, os parâmetros operacionais, unidade de carga de trabalho – UCT (ou WLC, em inglês) - e o índice de percepção do usuário.

A análise com os inputs e outputs descritos anteriormente, pode-se constatar que a eficiência relativa da operação no aeroporto estudado foi máxima no 1º trimestre de 2013, 4º trimestre de 2013, 1º trimestre de 2014 e 2º trimestre de 2014, tanto o 2º, quanto o 3º trimestre de 2013 figuraram abaixo da fronteira de eficiência.

### **2.6.2 DEA no setor logístico de refrigeração**

O forte crescimento da economia brasileira passou por um período de forte crescimento, entre as consequências desse crescimento estão o boom da classe média, a entrada da mulher no mercado de trabalho, o aumento da concessão de crédito, etc. Estas, por sua vez, foram responsáveis por uma mudança no perfil de consumo dos brasileiros, que impulsionou o crescimento de vários setores da economia, podendo-se destacar o setor de alimentos, em especial, a alimentação fora do lar, esta cresceu 13% em 2015, mesmo com uma recessão na economia.

Em Ribeiro (2015), o autor utiliza a metodologia DEA para avaliar a eficiência da operação de armazenagem frigorífica de uma empresa do setor, analisando comparativamente fatores físicos, operacionais e financeiros de cinco galpões de armazenagem da empresa, sendo estas as DMUs do problema. Como inputs, o autor utilizou a posição dos pallets, área total do armazém, número de funcionários, número de camaras de picking, de armazenagem, secas, refrigeradas e de congelamento. Como output, o autor utilizou o faturamento e o LAJIDA(Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização) de cada armazém.

Como resultado, o autor destacou um dos armazéns como mais eficiente, uma vez que apresenta maior desempenho econômico que os outros, apresentando uma área de operação menor. Dessa forma, o autor apresenta o conceito de benchmark utilizado na metodologia, a fim de melhorar a gestão dos outros armazéns, ou seja, auxiliando os outros armazéns a

reduzir o consumo de inputs e aumentarem o nível de produção, conseqüentemente aumentando a eficiência da empresa.

### **2.6.3 DEA na análise de fusões e aquisições**

Quando se analisa o mercado de fusões e aquisições no setor aéreo americano entre 1950 e 2015, percebe-se que as principais companhias aéreas foram formadas e consolidadas por um longo histórico de fusões e aquisições. No mercado brasileiro, percebe-se também que as maiores empresas do mercado estiveram envolvidas em fusões e aquisições desde a virada do século.

Em Herculano (2017), o autor busca entender como se deram as principais fusões e aquisições no mercado da aviação civil do Brasil, Lan-Tam, Azul-Trip, Gol-Varig e Gol-WebJet. Posteriormente, é feita uma análise com a metodologia DEA dos conjuntos de empresa ano a ano para avaliar a evolução dos escores de eficiência obtidos pelas empresas. Como DMU, o autor utilizou os inputs e outputs de cada uma das duplas de empresas em diversos anos, vale ressaltar, que diferente dos outros trabalhos apresentados, em Herculando (2014) fez-e o estudo de caso entre cada uma das duplas citadas e não de um grupo maior de DMU, como em Ribeiro (2015) ou o presente trabalho. Os inputs utilizados são ASK, ATK, FTE e demanda por combustível, em litros. Como output, utilizou-se o RPK e o RTK.

O autor então conclui que, em geral, as após 2 ou 3 anos da conclusão do processo de fusão, a nova empresa alcançava o máximo potencial, uma vez que seus escores de eficiência aumentam com o tempo. Contudo, o trabalho percebeu que o par Lan-Tam isso não ocorreu, a Latam atingiu o potencial máximo de eficiência apenas um ano após a conclusão do processo, o autor atribui esse comportamento ao aumento aos altos índices de eficiência da Lan.

## 3 Metodologia

### 3.1 Análise de envoltória de dados

No presente trabalho, optou-se pela análise a partir do modelo DEA – Data Envelopment Analysis, ou análise de envoltória de dados. Preferiu-se a utilização deste método pois ele permite o uso de diversos inputs e outputs, além de possibilitar a análise de eficiência sem a definição prévia da função de produção.

O modelo DEA gera uma fronteira de produção empírica baseada nos inputs e outputs fornecidos, então estima a distância até essa fronteira para determinar a eficiência relativa. Para isso, o método define a DMU (Decision Making Unit) como uma unidade produtiva que visa avaliar e comparar com outras unidades de mesma natureza, sendo essa responsável pela conversão de inputs em outputs. Em situações usuais, costuma-se observar como DMUs fábricas ou firmas, no entanto, neste trabalho, a DMU será uma companhia aérea em um determinado ano de atuação.

O modelo foi proposto inicialmente por Farrel (1975), este usou um modelo da fronteira não-paramétrica medindo a eficiência como distância relativa de uma fronteira. Posteriormente, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) aplicaram o modelo para pesquisa operacional, criando o DEA. Ao invés de uma única ponderação igual para todas as DMUs, Charnes et al. (1978) definiram que cada DMU, por possuir um sistema de valores particulares, teria o poder de definir o seu próprio conjunto de pesos, no sentido de maximizar a eficiência. A única condição é que todas as DMUs tenham uma eficiência igual ou inferior a 1.

O entendimento dos conceitos de eficiência abordados pela metodologia DEA é extremamente importante. Segundo Belloni (2000), os conceitos de eficiência são classificados como:

- **Eficiência produtiva:** se refere a habilidade de evitar desperdícios produzindo tantos resultados (outputs) quanto os recursos (inputs) utilizados permitem ou utilizando o mínimo de recursos possível para aquela produção. Tradicionalmente, a eficiência produtiva é decomposta em dois componentes, a eficiência de escala e a eficiência técnica;
- **Eficiência de escala:** é o componente da eficiência produtiva associado às variações de produtividade decorrentes de mudanças na escala de operação;
- **Eficiência técnica:** é o componente da eficiência produtiva que resulta quando são isolados os efeitos da eficiência de escala. A ineficiência técnica está associada a habilidade gerencial dos administradores.

Pode-se buscar entender o modelo segundo o método gráfico, como é exposto por Mello, Meza, Gomes, & Neto (2005). A Figura 7 apresenta a Fronteira de Eficiência, curva S, que indica o máximo que foi produzido para cada nível de recurso. O eixo X representa os níveis de entrada e o eixo Y apresenta os níveis de saída. Ressalta-se também que a zona abaixo da curva S é chamada Conjunto Viável de Produção.

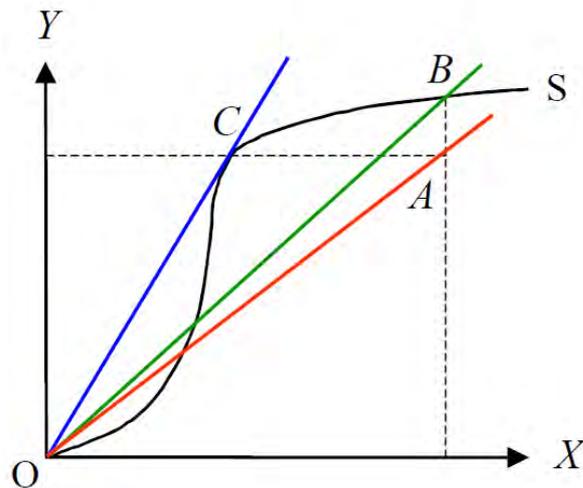


Figura 7- Exemplo genérico de um processo produtivo (Mello et al, 2005)

Percebe-se que ambas as unidades B e C são eficientes, pois estão localizadas nas fronteiras de eficiência, mas a unidade C é mais produtiva, pois o coeficiente angular da reta OC é maior que aquele da reta OB. Enquanto a unidade A é não eficiente, pois não está na fronteira do Conjunto Viável, e não- produtiva, pois não tem o maior coeficiente angular.

A unidade A pode tornar-se mais produtiva de duas formas básicas:

- i. Reduzindo os produtos, mantendo constantes os recursos (orientado a outputs);
- ii. Reduzindo os recursos, mantendo constantes os produtos (orientado a inputs).

Um modelo DEA pode ser do tipo BCC (orientado a outputs) ou CCR (orientado a inputs).

#### Modelo BCC – Orientado a outputs

O modelo BCC, também conhecido como VRS (Variable Return Scale), recebe essa denominação como referência a seus criadores: Banker, Charnes e Cooper (1984). O modelo determina uma fronteira que considera retornos crescentes ou decrescente de escala na fronteira de eficiência. Considera que um acréscimo no input poderá promover um acréscimo no output, não necessariamente proporcional, ou até mesmo um decréscimo.

A formulação matemática do modelo BCC, com r outputs e i inputs e j DMUs, é:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0} \leq 1; \quad j = 1, 2 \dots n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad i = 1, 2 \dots m; \quad r = 1, 2 \dots s; \quad v_0 \in \mathbb{R}$$

Figura 8- Formulação do modelo linear DEA orientado a outputs com retornos de escala variáveis.

Em que:

- $\theta_{it}$  é a eficiência da DMU<sub>it</sub>;
- $w_r$  é o peso atribuído ao output r;
- $v_r$  é o peso atribuído ao input r;
- $x_{it}$  é o input i da DMU<sub>it</sub>;
- $y_{it}$  é o output i da DMU<sub>it</sub>;
- $x_{it}$  é o valor do i-ésimo input da DMU<sub>it</sub>;
- $y_{it}$  é o valor do i-ésimo output da DMU<sub>it</sub>;
- $\theta_{it}$  é a variável BCC orientada a outputs.

Nesse modelo, a variável  $\theta_{it}$  representa os retornos variáveis de escala, de forma que:

- $\theta_{it} > 0$ , representa retornos decrescentes de escala;
- $\theta_{it} = 0$ , representa retorno constante de escala;
- $\theta_{it} > 0$ , representa retornos crescentes de escala.

### Modelo CCR – Orientado a inputs

Conforme o modelo anterior, o modelo CCR, também conhecido como CRS (Constant Returns Scale), recebe esse nome como uma referência aos seus criadores: Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Sua concepção está baseada na premissa do retorno constante de escala, ou seja, uma variação nos inputs provoca uma variação de mesma proporcionalidade sobre os outputs. Uma vez que a análise leva em consideração múltiplos inputs e outputs, o conceito de eficiência adquire um grau extra de complexidade.

No presente trabalho, será abordado apenas a perspectiva orientada em insumos (CCR), conforme discutido no tópico 3.2 a seguir.

Assim, definida uma fronteira de eficiência para um certo grupo de DMUs, o método compara o quanto uma DMU é menos eficiente que a melhor DMU virtual do grupo, essa definida como o benchmarking.

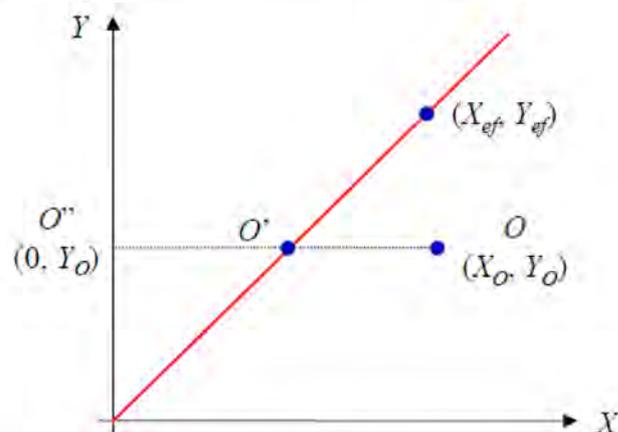


Figura 9- Exemplo de DEA para inputs e outputs únicos.

Sob a perspectiva orientada a insumos, tem-se que a DMU  $(x_{ef}, y_{ef})$  é a mais eficiente. A eficiência da DMU O pode ser calculada como  $\theta_{it} = O'O''/O'O' = Y_0 / X_0$ , ou seja, para que o ponto O seja parte da fronteira de eficiência, deve-se multiplicar seus insumos por  $\theta_{it}$ .

### 3.2 Modelo Utilizado

Conforme Merket & Morell (2012), no contexto de companhias aéreas, o modelo DEA mais recomendado para aplicação é orientado aos inputs, uma vez que as companhias aéreas possuem mais controle sobre os insumos que sobre a produção (demanda), sendo estas principalmente definidas a partir de parâmetros macroeconômicos. Dentre as possibilidades de utilizar a hipótese de retornos constantes ou variáveis de escala, é feita a análise utilizando retornos constantes de escala para comparar as companhias de estudos frente ao benchmarking. Ressalta-se também que é utilizado a modelagem dual do problema, pois esta gera menos custo computacional.

Assim, o problema pode ser modelado em programação linear por:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta_0 \quad \text{input} \\ & s.a: x_{i0} \cdot \theta_0 \geq \sum_{j \in J} x_{ij} \cdot \lambda_j, \quad \forall i \in I, \\ & \quad y_r \leq \sum_{j \in J} y_{rj} \cdot \lambda_j, \quad \forall r \in R \\ & \quad \lambda_j \geq 0 \quad \forall j \in J. \end{aligned}$$

Figura 10- Formulação do modelo linear DEA orientado a inputs com retornos de escala constantes.

Em que:

- $\theta_0$  é a eficiência para a companhia O.
- $x_{i0}$  é o input i da empresa O a ser analisado.
- $x_{ij}$  é o input i de todas as j empresas do grupo analisado.
- $\lambda_j$  é o peso alocado dinamicamente para cada companhia K.
- $y_r$  é o output r da empresa O a ser analisado.
- $y_{rj}$  é o output r de todas as j empresas do grupo analisado.

A interpretação dessas equações é:

- A combinação otimizada de cada input do grupo não pode ser maior que nenhum input de uma companhia específica do grupo;
- A combinação otimizada dos outputs do grupo deve ser maior que qualquer output de uma empresa específica do grupo.

### 3.3 Dados utilizados

Este trabalho utiliza como fonte de dados para o modelo DEA as demonstrações contábeis das empresas brasileiras de transporte aéreo obtendo-se os dados a serem utilizados das quatro empresas estudadas (Avianca, Azul, Gol, Latam) para o mercado doméstico. Para a obtenção dos dados relativos ao RPK, utilizou-se o anuário do transporte aéreo. Os dados são anuais referentes aos anos de 2010 até 2016, ano do último anuário disponibilizado até a data de consulta (10/09).

Um fator importante a ser observado em qualquer análise é a necessidade de garantir uma boa comparabilidade de dados. Por isso, para cada parâmetro analisado, foi necessário trabalhar sempre com dados de uma única fonte, cujas práticas de mensuração e divulgação fossem homogêneas ao longo do período analisado.

As variáveis escolhidas foram:

#### Inputs

- **Custos com combustível:** refere-se aos custos totais em bilhões de reais com a compra de combustível para as aeronaves.
- **Custos com leasing de aeronaves:** refere-se aos custos totais em bilhões de reais com o pagamento de contratos de leasing de aeronaves.

#### Output

- **RPK:** o indicador é comumente utilizado em trabalhos científicos para avaliar lucros de empresas aéreas, pois representa a demanda de transporte aéreo de passageiros.

As DMU referem-se a uma das quatro companhias aéreas estudadas, em diferentes períodos de tempo. A base de dados utilizada no estudo está apresentada no Apêndice A – Base de Dados utilizada.

### 3.4 Limitações do modelo

Algumas limitações do método são relacionadas por Anderson (1997) e listadas a seguir:

- Como é uma técnica de ponto extremo, ruídos e erros de medição podem comprometer a análise;
- Uma vez que se trata de uma técnica não paramétrica, dificulta a formulação de hipóteses estatísticas;
- Ao criar um programa linear para cada DMU analisada, problemas extensos podem ter custo computacional elevado;
- DEA estima o desempenho “relativo”, mas mostra o desempenho “absoluto” do sistema.

Segundo Ribeiro (2015), devido à natureza não-paramétrica do método, este não permite uma extrapolação do resultado para outros casos além dos analisados. Dessa forma, as inferências obtidas dos resultados não servem como parâmetro absoluto de eficiência, mas sim, como parâmetros comparativos, permitindo a inferência de que uma DMU é mais eficiente que outra e serve como benchmarking para outras. Vale ressaltar que os resultados obtidos pelo DEA são muito dependentes dos outputs utilizados, ou seja, para uma outra análise com o mesmo output, contudo outros inputs, as conclusões podem ser diferentes.

## 4 Resultados

A amostra foi separada em sete anos, fazendo um cálculo de eficiência das quatro empresas aéreas dentro de um mesmo ano. Foi adotada essa abordagem a fim de comparar a eficiência sob as mesmas características macroeconômicas, além de mitigar alguns fatores intrínsecos das empresas, como processos de aquisição ou mudanças de gestores.

Assim, para cada ano estudado é feito o equacionamento segundo exposto em 3.2 para as quatro empresas avaliadas utilizando os inputs e outputs descrito em 3.3. Para tal, foi utilizada a ferramenta Solver do Excel, utilizando-se um código em VBA para facilitar a execução dos sete grupos de interesse, sendo cada grupo composto pelos inputs e outputs da empresa em um dado ano. O método utilizado foi o LP Simplex, pois trata-se de um problema de programação linear e as variáveis devem ser não negativas pois o modelo prevê que  $\lambda \geq 0$ .

Pelo método, a eficiência calculada é uma comparação entre a relação do custo com combustível e leasing e o RPK obtido, equacionado como  $\Theta$ . Vale ratificar ainda que o modelo calcula a eficiência relativa entre as DMUs do grupo e que, pelas limitações do método, não permite criar inferências para anos anteriores ou posteriores àqueles estudados.

Após o processo descrito acima, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1 para os grupos de interesse, os valores em negrito representam a empresa mais eficiente, ou seja, aquelas que obtiveram score 100%, do grupo.

Tabela 1 - Resultados da análise de eficiência dos grupos de interesse

	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Avianca	58%	54%	70%	69%	52%	93%	<b>100%</b>
Azul	<b>100%</b>	72%	76%	72%	54%	60%	78%
Gol	87%	81%	86%	79%	61%	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Latam	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	63%	83%

Os valores obtidos são apresentados com maior detalhamento no Apêndice B – Escores de eficiência obtidos.

## 5 Discussões

Nessa seção são primeiramente discutidas as principais características macroeconômicas do Brasil e do setor, sendo posteriormente discutidas as políticas de hedging das empresas aéreas e medidas tomadas por essas para se proteger na mudança de cenário observada no Brasil

### 5.1 Cenários Macroeconomicos

A partir dos resultados, é possível perceber que houve dois cenários, como é evidenciado na Figura 11.

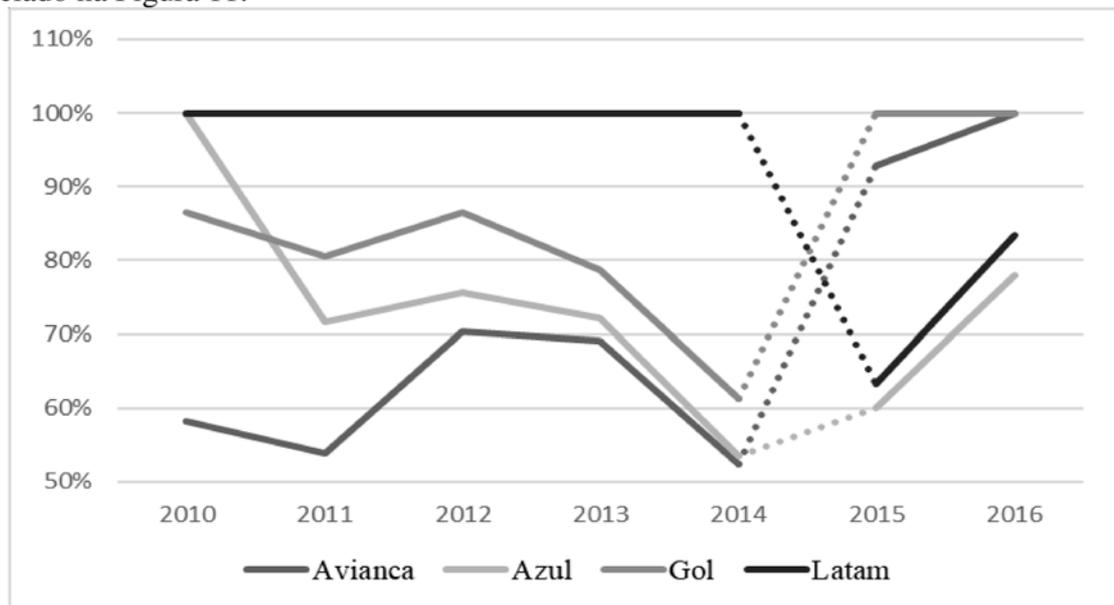


Figura 11- Resultados de escores de eficiência.

#### 5.1.1 2010 a 2014

No período entre 2010 e 2014, observa-se um dólar barato, com uma média de R\$ 1,98 reais, e uma volatilidade mensal de R\$ 0,96 centavos, ou seja, uma moeda barata e estável, porém houve uma valorização de 48%, ocorrendo prioritariamente nos últimos meses do período. Enquanto o barril de petróleo apresentou um valor médio de R\$ 97,67 reais, porém apresentou uma desvalorização de 21%, causada, por exemplo, pela descoberta do pré-sal no Brasil, entre outros fatores comentados em 2.4.1. O yield tarifa médio doméstico diminuiu 3% no período em questão.

#### 5.1.2 2015 e 2016

No segundo período, entre 2015-2016, o preço do dólar disparou, apresentando um preço médio de R\$ 3,41 reais, com uma alta de 31% no período. O país estava em recessão e extrema instabilidade política, havendo por exemplo, o impeachment da presidente Dilma. Além disso, o barril de petróleo atingiu valores mínimos de todo o período estudado, apresentando um valor médio R\$ 46,81 reais. Segundo dados da Anac (2016), a yield tarifa aérea médio doméstico registrou uma diminuição nos dois anos, apresentando uma redução de 4,1% entre 2016 e 2015, e 11,4% entre 2015 e 2014. Outro fator relevante foi a diminuição de

5,7% do RPK, primeira vez que houve uma contração do indicador, após 10 anos de crescimento.

## **5.2 Desempenho das políticas de hedge das empresas aéreas analisadas**

Neste item serão discutidas políticas de hedge empregadas pelas empresas estudadas, seguidas de um comentário sobre o comportamento dos escores de eficiência nos cenários apresentados em 5.1.

### **5.2.1 Latam**

A Política de Hedge da empresa estabelece os limites máximos e mínimos de combustível a serem cobertos, em função da capacidade de transferência das variações desses custos aos clientes e do cenário de mercado refletido no preço do combustível. Além disso, ela determina um prazo máximo de cobertura e permite uma reestruturação da carteira. Nos documentos disponibilizados, não há informações dos limites utilizados pela empresa.

Perceba que a empresa apresentou políticas muito eficientes de hedge, atingindo a máxima pontual de escores de eficiência entre 2010 e 2014. Contudo, perceba que em 2015, ela tornou-se a segunda menos eficiente entre as empresas observadas. Segundo relatórios da empresa, nesse ano, houve uma perda de US\$ 239 milhões com hedge, com um RPK de R\$ 34,6 milhões. Comparativamente, em 2016, houve uma perda de US\$ 48,2 milhões, com um RPK de R\$ 30,93 milhões, segundo dados do Relatório Anual da Latam, 2016. Perceba que essa mudança ocorre principalmente quando há uma alteração brusca nos preços do barril de petróleo, assim como o avanço mais acelerado do câmbio e uma menor demanda por transporte aéreo. A empresa manteve seus processos de durante essa mudança brusca, não sendo capaz de conter os danos causados.

### **5.2.2 Gol**

Segundo a Política de Gerenciamento de Riscos, o comitê de risco da empresa divide sua política de hedge em três frentes de proteção contra os seguintes riscos:

- Risco de Combustível: o hedge de combustível se dá através da contratação de instrumentos, em valores nominais equivalentes a percentuais dos consumos mensais projetados para os três meses seguintes (curto- prazo), esses percentuais variam entre 30% e 100%.
- Risco Cambial: o hedge de câmbio se dá através da contratação de derivativos de dólar em valores nominais equivalentes a percentuais das despesas mensais projetadas para os três meses seguintes, o HR varia entre 20% e 40%.
- Risco de Juros: a empresa protege-se contra alta de juros Libor através da contratação de derivativos, sem limites pré-definidos a curto prazo.

Para a determinação do Hedge Ratio, são feitas revisões semanais. Para períodos de longo prazo, os limites são propostos por um Comitê de Risco baseado em estudos do mercado. Além dos Jet54, a empresa também utiliza contratos derivativos e opções de Heating Oil, Brent e WTI.

A Gol apresenta-se como segunda colocada em eficiência para os anos de 2011 até 2014, contudo, a partir de 2015, percebe-se que ela se torna primeiro colocada. Segundo Salomão (2015), segundo a sua disciplina, a empresa mostrou um melhor resultado operacional. Para se proteger das mudanças no mercado, a companhia realizou liquidações de hedge e fizeram a rolagem da dívida, antecipando aquelas dívidas de longo prazo, deixando a empresa com um perfil mais saudável. Essa ação foi feita devido à alta exposição a dólar da empresa devido a sua dívida, sendo assim a empresa busca diminuir a exposição.

Entre as ações que a Gol usou para diminuir sua exposição, está a devolução de diversas aeronaves que estavam sob contrato de leaseing. Essa também é uma limitação do modelo. Em 2016, a empresa obteve escore máximo de eficiência, contudo, isso não foi resultado de boas políticas de hedge, mas da diminuição de exposição a moeda estrangeira em um cenário de desvalorização do real frente ao dólar.

### 5.2.3 Azul

Segundo o formulário de referência da Azul, a política de hedge da empresa consiste na contratação de instrumentos derivativos com bancos e/ou aplicações financeiras em moeda americana. A exposição contratada não pode exceder os seguintes limites:

- Entre 0% e 50% do consumo de combustível projetado para os próximos 3 meses;
- Entre 0% e 35% do consumo de combustível projetado para o trimestre seguinte (4º ao 6º mês);
- Entre 0% e 25% do consumo de combustível projetado para o terceiro trimestre (7º ao 9º mês);
- Entre 0% e 15% do consumo de combustível projetado para o quarto trimestre (10º ao 12º mês).

Em 2010, a empresa, juntamente com a Latam, atinge a máxima marca de escore de eficiência. Enquanto a Latam manteve-se com altos escores nos anos seguintes, a Azul passou a apresentar escores cada vez menores. A empresa vem apresentando perdas frequentes com ações de hedge executadas de forma ineficiente, em reflexo disso, a empresa discutiu durante a Reunião do Conselho Administrativo de Novembro de 2017 a mudança das diretrizes da “Política de Hedge de Combustível da Azul Linhas Aéreas” a fim de tentar se proteger das oscilações do câmbio. Além disso, a empresa está tentando diminuir sua exposição a moeda estrangeira aumentando o número de aeronaves da Embraer, empresa brasileira que, portanto, gera dívidas em reais.

### 5.2.4 Avianca

Ressalta-se que a empresa teve uma melhora progressiva para a janela de tempo estudada. A Avianca obteve o menor escore de eficiência entre as empresas estudada em 2010, e novamente em 2014. Contudo, a empresa teve uma progressão dos escores, atingindo os escores máximo no último ano estudado.

Não foram encontradas informações sobre as políticas de hedge da empresa ou notícias sobre possíveis mudanças que causaram o aumento do seus escores de eficiência ao longo do período analisado. Fazendo uma análise de correlação entre os resultados de escore obtidos pela empresa com a Gol, obtém-se uma correlação de 83,9%, ou seja, há uma forte correlação entre os resultados dessas.

## 6 Comentários finais

O objetivo do trabalho era avaliar a eficiência das políticas de hedge das empresas aéreas do mercado brasileiro ao longo dos anos, buscando verificar quais políticas são mais eficientes dentre as utilizadas. Para a avaliação de eficiência foi utilizado o modelo DEA, comparando o RPK obtido por cada uma das empresas em um determinado ano, como output, com os custos despendido com combustível e leasing de aeronaves, sendo esses os inputs.

Vale ratificar que o modelo utilizado apresenta limitações, por exemplo, se a comparação proposta for feita a partir de outro conjunto de inputs e outputs, podem ser obtidos diferentes escores de eficiência. Também é importante considerar que o método propõem escores relativos, ou seja, uma DMU é mais ou menos eficiente que as outras DMUs a qual é comparada.

É interessante ressaltar que devido a diferença de cenários macroeconômicos aos quais os modelos foram submetidos, foi possível avaliar o comportamento dos inputs e outputs diversos cenários.

Percebe-se que todas as empresas aplicam políticas bem definidas ao volume de combustível, muitas vezes, com intervalos de bem definidos, tanto em curto, quanto em longo prazo, para os volumes de combustível que serão hedgeados. Contudo, apenas a Gol, apresentou políticas para se proteger de flutuação de câmbio e juros. Percebe-se que essa empresa, configurou-se com escores máximos de eficiência no período em que os preços da moeda atingiram máximas históricas.

Contudo, conforme discutido, os escores de eficiência são afetados por políticas como a diminuição de exposição a moeda estrangeira, como ocorreu em 2016 na Gol. As ações tomadas não configuram políticas de hedge, mas reduzem os custos com leasing, o que seria semelhante a políticas bem estruturadas de hedge. Logo, os valores obtidos sempre devem ser confrontados criticamente com outras informações de mercado que puderem ser obtidas, como notícias ou releases das empresas.

Vale ressaltar também os resultados de escores obtidos pela Azul. No início do período estudado, a empresa apresentou escores máximos de eficiência, e no decorrer dos anos, apresentou os piores escores de eficiência. A empresa ficou tão insatisfeita com os resultados que propôs uma revisão das políticas de hedge, incluindo a troca de aviões internacionais por outros de marca nacional.

Por fim, existem muitos estudos sobre os efeitos de hedge do combustível, visto que esse custo é dominante, tendo representado 36% dos custos operacionais em 2014. Contudo, percebe-se que os custos com leasing foram aumentando, tornando-se quase tão relevante, percentualmente, quanto os custos com combustível.

Para próximos trabalhos, pode-se aumentar o espaço amostral do estudo para os anos mais recentes a fim de verificar a continuidade do cenário de 2015 e 2016. Buscar um maior refinamento dos dados, por exemplo, para valores trimestrais, uma vez que o segundo semestre de 2014 é mais semelhante ao cenário descrito pelo segundo cenário, que o primeiro.

## Referências

Anac. (2010 - 2016). Bases estatísticas da Anac. Acesso em 1 de setembro de 2018, disponível em Agência Nacional de Aviação Civil: <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/demonstracoes-contabeis>

Anac. (2016). Anuário Estatístico. Acesso em 25 de agosto de 2018, disponível em Agência Nacional de Aviação Civil: <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>

Anac. (2015). Anuário Estatístico. Acesso em 25 de outubro de 2018, disponível em Agência Nacional de Aviação Civil: <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>

Banker, R. D., Charnes, A. e Cooper, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. vol. 30, N° 9, p. 1078-1092, 1984

Barreto, Rodrigo G (2011).; Operações de Hedge Cambial em Empresas Não Financeiras: Um Estudo de Caso das Empresas Aracruz Celulose e Sadia. 2011. Tese de Defesa de Mestrado. Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro.

BAZARGAN, M. *Airline Operations and Scheduling*. 2nd Editio ed.[s.l.] ASHGATE, 2012. v. 33

Charnes, A., Cooper, W. W. e Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol. 2, N° 6 pp. 429-444, 1978.

DOGANIS, R (1991) *Flying Off Course: The Economics of International Airlines*, Second Edition, Routledge, USA

Exame (14 de outubro de 2018). Na Smiles, o sorriso amarelou. Fonte: <https://exame.abril.com.br/revista-exame/o-sorriso-amarelou/> (Acessado em 03 de novembro de 2018)

FEBELIANO et al. (2014) The evolution of airline merchandising. n. November, p. 1–16, 2014.

Herculano de Lima, Paulo André; Fusões de Companhias Aéreas no Brasil: Estudo de Sinergia de Custos e Receitas. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

Lim, Siew Honn, Hong, Yongtao (2014). Fuel hedging and airline operating costs, *Journal of Air Transport Management*, Volume 36, Pages 33-40,

LOPES, A B.; GALDI, F C.; LIMA, I S. Manual de contabilidade e tributação de instrumentos financeiros e derivativos (CPC 38, CPC 39, CPC 40, OCPC 3, IAS 39, IAS 32, IFRS 7, Normas da Comissão de Valores Mobiliários, do Banco Central do Brasil e da Receita Federal do Brasil, 2 ed. , São Paulo: Atlas, 2011.

Mello, J., Meza, L., Gomes, E., & Neto, L. (2005). Curso de Análise de Envoltória de Dados. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, (pp. 2520-2547). Gramado.

Mendes, R(2014). Análise da Situação Operacional e Econômica do Aeroporto Internacional de São Paulo Guarulhos após a concessão. Trabalho de Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, SP.

Merket, R., & Morell, P. S. (7 de fevereiro de 2012). Mergers and acquisitions in aviation. Management and economic perspectives on the size of the airlines. *Transportation Research Part E*, pp. 853-862.

Morrel, Peter S. (2011). *Airline Finance*, Third edition Cranfield University, UK.

MORRELL, P.; SWAN, W. Airline Jet Fuel Hedging: Theory and Practice. *Transport Reviews*, v. 26, n. 6, p. 713–730, 2006.

Política de Gerenciamento de Risco – Gol linhas aéreas –  
[“http://ri.voegol.com.br/conteudo\\_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=53888&id=203947](http://ri.voegol.com.br/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=53888&id=203947)

Relatório Anual em português –Latam linhas aéreas.  
<http://www.latamairlinesgroup.net/phoenix.zhtml?c=251290&p=irol-reportsannual> (Acesso em 16 de outubro de 2018).

RIBEIRO, Leandro. Estudo do Setor de Logística Refrigerado e suas Oportunidades de Melhoria de Eficiência. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

Salomão, Karin (2015). Exame- “Gol se protege enquanto economia não voa.” – <https://exame.abril.com.br/negocios/gol-se-protege-enquanto-a-economia-nao-voa/> (Acesso em 15 de outubro de 2018)

Silva, Aneirson F. (2015). Data Envelopment Analysis – DEA em GAMS. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo

Silva, Aneirson F. (2016). Modelo DEA- CCR envelope em VBA. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo

Stochero, Tahiane (2013). G1- “Gol cria bônus em dinheiro para piloto que economizar combustível” - <http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/04/gol-cria-bonus-em-dinheiro-para-piloto-que-economizar-combustivel.html> (Acessado em 27 de novembro de 2018)

Vasconcellos, Marcelo C. C., Guimarães, Thayla, M., Guimarães, Thayse, M., Eller, Rogeria A.G. (2016). “Hedging Fuel” e as Flutuações Cambiais: Uma Análise Sobre os Custos Operacionais das Empresas Aéreas Tam e Gol – XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa

Trevizan, Jaqueline, Quero, João (2016) Exame – “Como funciona o câmbio no Brasil?” - <http://g1.globo.com/economia/mercados/noticia/2016/06/como-funciona-o-cambio-no-brasil.html> - (Acesso em 02 de novembro de 2018).

WESTBROOKS, C. L. Airline Fuel Hedging: An Overview of Hedging Solutions Available to Airlines. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research*, v. 14, n. 2, 2005.

## Apêndice A – Base de Dados utilizada

Base de dados utilizada no estudo. Ressalta-se que os dados estão apresentados com 3 casas decimais, mas durante a análise, foram utilizadas mais casas decimais.

Tabela 2- Base de dados utilizada no modelo com 3 casas decimais.

DMU	Companhia	Ano	Inputs		Output
			Combustível (R\$ - bi)	Leasing (R\$ - bi)	RPK (bi)
1	AVIANCA	2010	0,201	0,034	1,816
2	AZUL	2010	0,261	0,072	4,209
3	GOL	2010	2,020	0,490	27,867
4	LATAM	2010	1,958	0,234	29,885
5	AVIANCA	2011	0,334	0,035	2,557
6	AZUL	2011	0,684	0,136	6,973
7	GOL	2011	2,659	0,422	30,497
8	LATAM	2011	2,290	0,216	32,588
9	AVIANCA	2012	0,587	0,092	4,660
10	AZUL	2012	1,026	0,280	8,751
11	GOL	2012	3,024	0,506	29,518
12	LATAM	2012	3,107	0,275	35,085
13	AVIANCA	2013	0,753	0,145	6,306
14	AZUL	2013	1,329	0,433	11,629
15	GOL	2013	3,272	0,631	31,219
16	LATAM	2013	2,884	0,461	34,939
17	AVIANCA	2014	0,930	0,224	7,812
18	AZUL	2014	1,812	0,741	15,531
19	GOL	2014	3,443	0,756	33,731
20	LATAM	2014	2,225	0,471	35,594
21	AVIANCA	2015	0,688	0,148	8,911
22	AZUL	2015	1,912	0,504	16,030
23	GOL	2015	2,431	0,443	33,903
24	LATAM	2015	4,104	0,714	34,626
25	AVIANCA	2016	0,815	0,229	10,204
26	AZUL	2016	1,554	0,491	15,192
27	GOL	2016	2,695	0,399	32,031
28	LATAM	2016	3,012	0,720	30,931

## Apêndice B – Escores de eficiência obtidos

Resultado de escores de eficiência obtidos pelo estudo apresentados com maior precisão.

Tabela 3- Resultados da análise de eficiência dos grupos de interesse com maior precisão

	Avianca	Azul	Gol	Latam
2010	0,582249	1,000000	0,865742	1,000000
2011	0,538751	0,716153	0,806075	1,000000
2012	0,703379	0,755347	0,864299	1,000000
2013	0,691416	0,722192	0,787561	1,000000
2014	0,524881	0,535712	0,612423	1,000000
2015	0,928685	0,601148	1,000000	0,633190
2016	1,000000	0,780602	1,000000	0,833359

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 20 de novembro de 2018	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-072/2018	4. N° DE PÁGINAS 45
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Análise de eficiência das políticas de hedge das empresas aéreas do mercado brasileiro			
6. AUTOR(ES): <b>Rebeca Soares Lopes</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. Hedge. 2. Combustível. 3. Leasing. 4. DEA. 5. Empresas aéreas Brasil			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Operações de linhas aéreas; Análise envoltória de dados; Arrendamento; Combustíveis; Investimentos; Transporte.			
10. APRESENTAÇÃO: ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia de Engenharia Civil- Aeronáutica. Orientadora: Prof. Dr Rogéria de Arantes Gomes Eller. Publicado em 2018			
11. RESUMO: O setor aéreo opera sob um regime de livre concorrência, esse regime tende a incentivar a inovação, a otimização de custos, a melhoria de eficiência, a modicidade de tarifas e a manutenção de ofertas. Na otimização de custos, percebe-se que os custos com Combustível e Leasing/Arrendamento de aeronaves representam 45,6% dos gastos das empresas aéreas. Além de aspectos internos das empresas, esses custos também são susceptíveis a flutuações no preço do câmbio e do barril de petróleo. Como forma de se proteger de dessas flutuações, as empresas aéreas podem contratar diversos instrumentos financeiros a fim de fazer o hedge, ou proteção, dessas flutuações. Contudo, esses contratos não são simples de operar, e uma má gestão dos hedges, pode gerar prejuízos financeiros de grande escala financeira a empresa, podendo levar a empresa a falência, em casos extremos. Para avaliar as políticas das empresas ao longo dos últimos anos, inclusive passando por diversos cenários macroeconômicos, é feito um estudo com a metodologia DEA – Data Envelopment Analysis. Esta metodologia já foi empregada em diversas áreas da literatura. Na análise, foram comparados os custos operacionais com combustível e arrendamentos e comparados com a demanda por transporte aéreo de cada uma das empresas em cada um dos anos estudados.			
12. GRAU DE SIGILO: <b>(X) OSTENSIVO</b> ( ) RESERVADO      ( ) SECRETO			