

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Lucas Castro de Sá Sampaio

**O OLIGOPÓLIO DAS EMPRESAS AÉREAS
BRASILEIRAS: UM ESTUDO DA COMPETIÇÃO
ESTRATÉGICA COM AUXÍLIO DA TEORIA DOS
JOGOS**

Trabalho de Graduação

2018

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

Monografia apresentada ao Instituto de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de bacharel em Engenharia Civil

Lucas Castro de Sá Sampaio

**O OLIGOPÓLIO DAS EMPRESAS AÉREAS BRASILEIRAS:
UM ESTUDO DA COMPETIÇÃO ESTRATÉGICA COM
AUXÍLIO DA TEORIA DOS JOGOS**

Monografia aprovada em sua versão preliminar pelos abaixo assinados:

Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres

Orientador

Prof. Dr. Rogéria de Arantes Gomes Eller

Relatora

São José dos Campos, SP – Brasil

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

de Sá Sampaio, Lucas Castro

O oligopólio das empresas aéreas brasileiras: um estudo da competição estratégica com auxílio da teoria dos jogos. / Lucas Castro de Sá Sampaio.

São José dos Campos, 2018.

Número de folhas no formato 80f.

Trabalho de Graduação – Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2018. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres.

1. Teoria dos jogos. 2. Competição. 3. Equilíbrio. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. O oligopólio das empresas aéreas brasileiras: um estudo da competição estratégica com auxílio da teoria dos jogos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

De Sá Sampaio, Lucas Castro; **O oligopólio das empresas aéreas brasileiras: um estudo da competição estratégica com auxílio da teoria dos jogos.** 2018. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Castro de Sá Sampaio

TÍTULO DO TRABALHO: O oligopólio das empresas aéreas brasileiras: um estudo da competição estratégica com auxílio da teoria dos jogos.

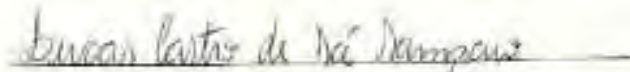
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2018

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. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Lucas Castro de Sá Sampaio
Rua 1, Quadra E, lote 24
74815-420, GO

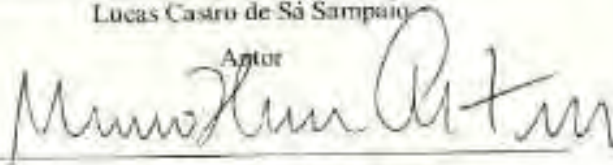
O OLIGOPÓLIO DAS EMPRESAS AÉREAS BRASILEIRAS: UM ESTUDO DA COMPETIÇÃO ESTRATÉGICA COM AUXÍLIO DA TEORIA DOS JOGOS

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Lucas Castro de Sá Sampaio

Autor



Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres
Orientador



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil - Aeronáutica

São José dos Campos, 21 de novembro de 2018.

**O OLIGOPÓLIO DAS EMPRESAS AÉREAS BRASILEIRAS:
UM ESTUDO DA COMPETIÇÃO ESTRATÉGICA COM
AUXÍLIO DA TEORIA DOS JOGOS**

Lucas Castro de Sá Sampaio

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rogéria de Arantes Gomes Eller Relatora - ITA

Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres Orientador - ITA

*Dedico esse trabalho a meus pais e irmão, professores
e educadores, e amigos.*

Agradecimentos

Gostaria inicialmente apenas de agradecer. Agradecer ao privilégio de ter feito essa caminhada até aqui. Ter vivenciado cada etapa foi incrível. Agradecer a experiência de ter feito ITA. Foi indescritível em todos seus aspectos, uma jornada sem igual que, pelo fluxo natural das coisas, se encerra. Obrigado.

Agora, os obrigados com nomes certos: Muito obrigado mãe por, de alguma forma misteriosa, sempre saber a hora exata de tudo que eu preciso, mesmo eu não percebendo. Muito obrigado pai por, independente da conversa, terminar dizendo que sempre posso contar com vocês. Muito obrigado Gustavo, por, até agora, 22 anos de irmandade e por ter influenciado direta ou indiretamente todas minhas decisões e por levar o significado de irmão tão a sério. Vocês três são meus pilares. Agradeço também aos meus avós pela segunda criação, esse ano em especial a Dona Rosa (com eterna saudade) por não ter esquecido um dia de dar sua benção para que eu virasse “homem véi bão”.

Se cheguei até aqui foi por existirem pessoas que acreditaram e me guiaram. Muito obrigado ao Colégio Criança Feliz, em especial a professora Sheila, pela habilidade de ler e escrever. Obrigado Colégio Logosófico, em especial às professoras Ju, Fernanda e Ceres, por despertar o interesse pela matemática e leitura em mim. Ao colégio Prevest, por não existir uma palavra mais adequada, infelizmente me limitarei ao muito obrigado, em especial aos professores de exatas, aqui representados pelo professor Paulão (in memory) e pelo professor Caçu, pela influência direta na escolha de fazer ITA e por acreditarem. Aos diretores Maurício e Flávio pela abertura e suporte que precisei ao longo do caminho. Obrigado Colégio Olimpo por ter aparado as arestas. Duvido que outro caminho teria sido mais certo.

Mas o caminho só faz sentido se seus amigos estão lá para compartilhar: Obrigado a todos meus amigos de Goiânia (Zé, Japa, Bob, Duds, André, Savio, Guilherme, Artur, Matheus, Claudio, Iago...) por estarem ali, respeitarem os momentos que me fiz ausente para focar nos estudos e por, mesmo antes de mim, saberem que iria dar certo. Vocês são

incríveis e não poderia estar tão bem acompanhando nessa caminhada.

Aos meus amigos do ITA: quem se ferra junto cresce junto Rodolfo, Lara, Gustavo, Uriel e AC, obrigado por terem feito tudo ser mais fácil e divertido. Todas nossas viagens e conversas foram construções únicas.

Agradeço a 16 pela recepção e por um dos meses mais loucos e fantásticos que alguém pode experimentar. Também a vila e ao 233 - em suas duas configurações, sempre me senti em casa. Muito obrigado a Civil 17 pelas risadas e aprendizados em meio ao caos. A Civil 18 pelo acolhimento. E a Turma 17 por ter sido uma segunda família por cinco anos. Ao Centro Educacional Santos Dumont, em especial a diretoria de 2015, por ter ajudado a me construir como pessoa e dar mais sentido aos primeiros anos do ITA e por todas as histórias. Obrigado EDUKAI e todos que por ela passaram. A AdTalem também deixo meu muito obrigado por todo o suporte e aprendizado nessa reta final. Guardarei todos vocês com maior carinho do mundo.

Ao meu fiel amigo Tobi pela sua incansável companhia nas infinitas e infindáveis noites de estudo. A minha namorada, Aline, pela paciência de me acompanhar nessa reta final e por saber de tudo, sempre. Ao meu orientador de TG, Marcelo Guterres, pelo suporte dado, pela compreensão quando preciso e pela cobrança sempre que necessário. O senhor foi fundamental nessa construção.

E por último, muito obrigado H8, por ter feito desses seis anos uma viagem cheia de experiências inesquecíveis. Espero tornar a pisar novamente por aqui. Tá na hora, tá na hora de tirar os pés de riba.

Obrigado.

Resumo

O presente trabalho buscou através dos conceitos e técnicas desenvolvidas dentro da teoria dos jogos estudar a interação e competição entre as quatro grandes empresas aéreas brasileiras. O objetivo era inferir como cada uma se posiciona, como a competição avançou nos últimos anos e quais os equilíbrios esperados. O modelo estruturado para a análise foi de oligopólio e trabalhou-se apenas com voos regulares e domésticos do aeroporto de Guarulhos. Analisou-se dois períodos, agosto de 2016 a julho de 2017 e agosto de 2017 a julho de 2018.

Através da criação de cenários estatísticos, dos métodos de Nash e da sucessiva dominância encontrou-se o equilíbrio para os diversos jogos estudados. Um conjunto de estratégias prevaleceu nos estudos, aquele no qual todas as empresas adotam posturas defensivas.

Palavras chave: Teoria dos jogos, competição, empresas aéreas, Nash, sucessiva dominância, equilíbrio.

Abstract

The present work searches through the concepts and techniques developed within game theory to study the interaction and competition between the four largest Brazilian airlines. The goal is to infer how each company positions itself, how the competition has advanced in the last years and what balances are expected. The structured model for the analysis was of oligopoly and was worked only with regular and domestic flights of the airport of Guarulhos. Two periods were analyzed, from August 2016 to July 2017 and August 2017 to July 2018.

Through the creation of statistical scenarios, Nash methods and successive dominance the equilibrium for the various games studied was found. A set of strategies prevailed in the studies, the one in which all companies adopt defensive postures.

Key words: Game theory, competition, airlines, Nash, successive dominance, equilibrium.

Lista de Tabelas

| | | |
|------|--|---------|
| 1.1 | Principais estruturas de mercado | xxi |
| 3.1 | Possibilidades do Mar de Bismarck | xxxii |
| 7.1 | PAX - Passageiros/KM pagos para | liii |
| 7.2 | Valor das variáveis PAX - para Latam e Gol - Ago.2016 a Jul.2017 | liv |
| 7.3 | Matriz estratégia - LATAM e GOL - Ago.2016 a Jul.2017 | liv |
| 7.4 | Matriz estratégica - LATAM e GOL - Ago.2016 a Jul.2017 - Reduzida | liv |
| 7.5 | PAX - Passageiros/KM pagos para Latam e Gol - Ago.2017 a Jul.2018 | lvi |
| 7.6 | Valor das variáveis PAX - para Latam e Gol - Ago.2017 a Jul.2018 | lvi |
| 7.7 | Matriz estratégia - LATAM e GOL - Ago.2017 a Jul.2018 | lvii |
| 7.8 | PAX - Passageiros/KM pagos para Azul e Avianca - Ago.2016 a Jul.2017 | lviii |
| 7.9 | Valor das variáveis PAX - para Avianca e Azul - Ago.2016 a Jul.2017 | lviii |
| 7.10 | Matriz estratégia - Avianca e Azul - Ago.2016 a Jul.2017 | lviii |
| 7.11 | PAX - Passageiros/KM pagos para Azul e Avianca - Ago.2017 a Jul.2018 | lx |
| 7.12 | Valor das variáveis PAX - para Avianca e Azul - Ago.2017 a Jul.2018 | lx |
| 7.13 | Matriz estratégia - Avianca e Azul - Ago.2017 a Jul.2018 | lx |
| 7.14 | PAX - Passageiros/KM pagos por companhia - Ago.2016 a Jul.2018 | lxii |
| 7.15 | Valor das variáveis PAX - para as companhias - Ago.2016 a Jul.2017 | lxiii |
| 7.16 | Valor das variáveis PAX - para as companhias - Ago.2017 a Jul.2018 | lxiv |
| 8.1 | Matriz estratégica - Ago.16 a Jul.17 | lxix |
| 8.2 | Matriz estratégica - Ago.17 a Jul.18 | lxxiv |
| 8.3 | Correlação para Ago.16 a Jul.17 | lxxviii |

8.4 Correlação para Ago.17 a Jul.18 lxxviii

Lista de Figuras

| | | |
|-----|--|-------|
| 1.1 | Mudanças nos players da aviação comercial brasileira | xxiii |
| 2.1 | Participação no mercado doméstico (RPK) | xxix |
| 2.2 | ASK e RPK doméstico mensal (bilhões) | xxx |
| 6.1 | Passos da metodologia | xlii |
| 7.1 | Market share (%) no aeroporto de Guarulhos (SBGR) | l |
| 7.2 | Destinos das empresas a partir de Guarulhos | li |

Sumário

| | | |
|----------|--|----------------|
| 1 | Introdução | xvi |
| 1.1 | Relevância do tema | xxii |
| 1.2 | Definição do problema | xxiii |
| 1.3 | Objetivo principal da pesquisa | xxiv |
| 1.4 | Objetivos intermediários da pesquisa | xxiv |
| 1.5 | Delimitação da pesquisa | xxv |
| 1.6 | Estrutura do trabalho | xxv |
| 2 | Mercado aéreo brasileiro | xxvii |
| 3 | Introdução a teoria dos jogos | xxxii |
| 3.1 | Hipóteses iniciais | xxxiii |
| 3.2 | Conceitos básicos | xxxiii |
| 3.3 | Representação dos Jogos simultâneos | xxxiv |
| 3.4 | Representação dos Jogos sequenciais | xxxvi |
| 4 | Algumas aplicações da teoria dos jogos | xxxviii |
| 5 | Soluções e equilíbrios dos jogos | xl |
| 6 | Metodologia | xlii |
| 6.1 | Introdução | xlii |
| 6.2 | Dados | xliii |
| 6.3 | Procedimentos metodológicos | xliv |
| 6.4 | Modelo de análise | xlvi |

| | | |
|----------|--|-------------|
| 6.5 | Ferramentas utilizadas | xlix |
| 7 | Construção dos resultados | 1 |
| 7.1 | Métodos usados para encontrar os equilíbrios | lii |
| 7.2 | Competição duopolista de Cournot para Latam-GOL | liii |
| 7.2.1 | Agosto de 2016 a julho de 2017 | liiii |
| 7.2.2 | Agosto de 2017 a julho de 2018 | lv |
| 7.3 | Competição duopolista de Cournot para Azul-Avianca | lvii |
| 7.3.1 | Agosto de 2016 a julho de 2017 | lvii |
| 7.3.2 | Agosto de 2017 a julho de 2018 | lix |
| 7.4 | Competição oligopolista entre Latam, Gol, Avianca e Azul | lxi |
| 7.4.1 | Agosto de 2016 a julho de 2017 | lxii |
| 7.4.2 | Agosto de 2017 a julho de 2018 | lxiv |
| 8 | Conclusão | lxvi |

Capítulo 1

Introdução

Nesse capítulo, apresenta-se os objetivos principais do presente trabalho e sua relevância para o cenário atual. A estrutura do trabalho, bem como o contexto no qual é desenvolvido, também são tratados primeiramente nesse capítulo.

O mercado, tendo como base a economia capitalista, é constituído por uma relação constante entre oferta e procura. Esses dois aspectos não podem ser analisados de forma isolada, devem ser levados em consideração simultaneamente. Em paralelo, deve-se estudar a estrutura de mercado, para assim compreender a verdadeira dinâmica de determinação de preço e quantidade de determinado bem de consumo.

A partir da demanda e da oferta de mercado são determinados o preço e quantidade de equilíbrio de um dado bem ou serviço. O preço e a quantidade, entretanto, dependerão da particular forma ou estrutura desse mercado, ou seja, se ele é competitivo, com muitas empresas produzindo um dado produto, ou concentrado em poucas ou uma única empresa.

As estruturas de mercado podem ser caracterizadas de acordo com três aspectos [8]:

- Número de vendedores de um determinado bem de consumo,
- A facilidade de entrada e de saída de novas empresas no mercado,
- O nível de informação partilhada pelos vendedores,
- Os custos de transação, do controle do preço.

Levando em consideração esses três aspectos, pode-se segmentar as estruturas de mercado para o setor de bens e serviços em alguns grupos:

1. Concorrência perfeita
2. Concorrência Monopolista ou Concorrência Imperfeita
3. Monopólio
4. Monopólio Bilateral
5. Oligopólio

Objetivando uma maior contextualização das estruturas de mercado, detalhou-se melhor cada um dos segmentos acima.

No mercado regido pela Concorrência perfeita as empresas têm o mesmo preço para produtos idênticos (ou homogêneos) e os consumidores têm muitas escolhas. Dessa forma, tanto os produtores quanto os consumidores são pequenos em relação à dimensão do mercado. Além disso existe completa informação e conhecimento sobre o preço do produto por parte dos produtores e dos consumidores. A entrada e saída de firmas no mercado é livre. Outra característica dessa estrutura de mercado é a impossibilidade das firmas de influenciar a procura de mercado através de mecanismos extra preços, como propagandas, melhoria de qualidade, mecanismos de comercialização, entre outras práticas.

No longo prazo, dentro dessa estrutura, as empresas obtêm um lucro normal do seu capital -lucro normal é o mínimo lucro necessário para manter a empresa em atividade [8].

Percebe-se que a Concorrência Perfeita é um cenário ideal, sendo importante para o estudo e desenvolvimento de outras estruturas mais próximas da realidade.

Na Concorrência Monopolista, também chamada de Concorrência Imperfeita, as empresas produzem bens diferentes, porém, são próximos de tal forma que viabiliza a substituição de um por outro. Temos, nessa estrutura de mercado, um meio termo entre a Concorrência perfeita e o Monopólio. Assim, ainda temos muitas características parecidas com a Concorrência Perfeita: é permitida a entrada e de saída (porém com mais

barreiras, comparado a Concorrência Perfeita), informação perfeita, muitas e pequenas empresas, interdependência não reconhecida. As empresas interagindo em concorrência monopolística vendem produtos similares, embora com um variado grau de substituíbilidade.

“Cada produtor pratica uma diferenciação, tentando distinguir o seu produto através da publicidade, do serviço, da qualidade real ou aparente e da localização, da marca que por si leva a uma diferenciação. Cada vendedor tem um segmento do mercado, com clientes mais ou menos leais” [8].

“Essas características acabam dando um pequeno poder monopolista sobre o preço de seu produto, embora o mercado seja competitivo (daí o nome concorrência monopolista). (KUPFER, 2002)”.

Como exemplos de mercados de concorrência monopolista temos:

- Lanchonetes como: McDonald's, Giraffas, Habib's, Burger King, Bob's
- Empresas de informática: Apple, Compaq, HP, Sony
- Fabricantes de cigarros: Souza e Cruz, Phillip Morris, Cia Sul-americana de Tabacos

No extremo oposto da Concorrência Perfeita, temos o Monopólio. Diferente do primeiro caso apresentado, no qual temos uma curva de procura horizontal, com elasticidade infinita, o Monopólio é caracterizado pela existência de apenas uma empresa vendedora de um determinado bem - não existem substitutos para o mesmo -, e tendo a procura constituída por um número grande de compradores.

Como temos apenas um vendedor nessa estrutura de mercado, o mesmo possui grande influência no preço de seu produto. A empresa monopolista enfrenta uma curva de procura decrescente, ou seja, variações de preços levam a quantidades diferentes de produtos vendidos. Nesse caso, a empresa tem poder de mercado (poder monopolístico), isto é, pode estabelecer um preço acima do custo marginal e ainda obter lucro.

É importante não confundir o Monopólio com o poder de monopólio que pode existir (e é comum) nas outras estruturas de mercados de concorrência imperfeita, como a concorrência monopolística e o oligopólio.

Como exemplos de mercados de Monopólios temos:

- Petrobrás (referente a exploração em águas profundas no Brasil)
- Empresas de energia e distribuição de água e esgoto nas cidades brasileiras

Quando uma empresa monopolística (vendedor do bem) se encontra com apenas um comprador daquele bem (monopsonista) temos a estrutura de mercado conhecida por Monopólio Bilateral. Dentro desse modelo ambos teriam poder, isoladamente, de fixar os preços em seus termos, desde que o outro fosse concorrente perfeito. Dessa forma, chegasse a uma situação de indeterminação no equilíbrio, pois o monopsonista deseja pagar o menor preço possível para obter o bem e o monopolista quer vender o mais caro que conseguir. Esse caso foge do âmbito puramente econômica e passa a depender bastante do poder de negociação das partes envolvidas.

Por último, temos o Oligopólio como estrutura de mercado que pode ser identificado pelas seguintes características: Um número relativamente pequeno de empresas, dificuldade de entrada no mercado, produto que pode ser padronizado ou diferenciado e um grande número de compradores. Uma das principais características dessa estrutura é a interdependência entre as poucas empresas do mercado. Por exemplo, se uma determinada empresa de um mercado Oligopolista abaixar o preço de seu produto, é esperado que as demais também reduzam seus preços.

As empresas em oligopólios desenvolvem estratégias para ganhar vantagens competitivas sobre os seus rivais e, desta forma, a competição pode ser mais intensa no sentido de "bater" os rivais. As reações e contra-reacções tornam difícil a previsão do todo o mercado.

Nesse mercado, as empresas enfrentam duas forças contrárias:

- A primeira as leva a acordarem implicitamente sobre os preços com a finalidade de maximizarem os lucros globais. Nesse caso teremos um preço similar ao que ocorreria nos monopólios.
- A segunda ocorre quando as empresas possuem interesses diferentes e cada uma busca maximizar o próprio lucro individual. Nesse caso temos uma competição

mais acirrada entre as empresas.

Os oligopólios podem ser divididos em dois casos:

1. Oligopólio Puro: Nesse caso, os produtos são homogêneos
2. Oligopólio Diferenciado: Tem-se a produção de bens diferenciados

As possibilidades de organização de um oligopólios são grandes, isso oferece uma dificuldade para elaborar uma teoria geral, dessa forma, as teorias formuladas até o momento referem-se a casos possíveis. Tendo em vista as forças que influenciam o oligopólio, bem como os dois possíveis casos descritos acima, podemos segmentar essa estrutura de mercado em alguns modelos particulares:

a) Cartel: é utilizado por empresas do mesmo ramo a fim de estabelecer o preço e quantidade global a ser produzida. É uma forma explícita de conluio entre oligopolistas, mas cada empresa conserva sua identidade jurídica. O cartel lembra um monopólio (dado que seu objetivo é acabar com a concorrência). O cartel visa restringir a produção e deste modo estabelecer o preço acima do custo marginal. Vale citar que existem outras formas de conluio entre oligopolistas: Truste, Holding e Conglomerados.

É importante ressaltar que o Cartel é proibido por lei e, no Brasil, existem instituições que fiscalizam essa prática.

b) O modelo da empresa líder do preço: neste modelo uma empresa líder, poucas empresas no mercado e a competição é tacitamente evitada. A empresa líder dita o preço do produto e é seguida pelas demais. É interessante ressaltar que em geral a empresa líder do preço é a maior do mercado, mas nem sempre isso ocorre, pode ocorrer da empresa líder do preço ser a mais eficiente e não a maior.

Como exemplos de mercados de Oligopólios temos:

- Empresas aéreas: LATAM, GOL, Azul e Avianca (caso que iremos estudar)
- Empresas de telefonia móvel: Vivo, Claro, Oi e TIM.

A Tabela 1.1 resume as principais estruturas de mercado aqui tratadas:

| Características | Concorrência pura | Monopólio | Oligopólio | Concorrência monopolística |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| Nº de empresas | Muito grande | Só há uma empresa | Pequeno | Grande |
| Produto | Homogêneo | Não há substitutos próximos | Homogêneo ou diferenciado | Diferenciado |
| Controle das empresas sobre os preços | Não há possibilidade de manobras pelas empresas | As empresas têm grande poder para manter preços relativamente elevados, principalmente quando não há intervenções do governo. | Dificuldade pela interdependência entre as empresas, que tendem a formar cartéis controlando preços e quotas de produção | Pouca margem de manobra, devido à existência de substitutos |
| Condições de ingresso | Não há barreiras | Há barreiras ao acesso de novas empresas | Há barreiras ao acesso de novas empresas | Não há barreiras |

Tabela 1.1: Principais estruturas de mercado
Fonte: Vasconcellos e Garcia, 2005

Um dos exemplos citados de Oligopólios foi o mercado da aviação aérea no Brasil. Nesse cenário temos:

- Um número relativamente pequeno de empresas: Apenas 4 empresas dominam o mercado;
- Dificuldade de entrada no mercado: a última empresa a entrar no cenário foi a Azul em 2008. As fortes regulações no setor por parte dos órgãos reguladores e a força das 4 empresas dificulta muito a entrada de novos players no mercado;
- Um grande número de compradores: Todos os brasileiros são possíveis compradores. Em 2013 55% da população brasileira utilizou o modal aéreo (ANAC 2013).

Percebe-se que o modelo que melhor se enquadra na estrutura do mercado aéreo brasileiro é o oligopólio. Viu-se que para esse tipo de organização existe uma interdependência entre as empresas (players) que atuam no mercado, as ações de uma influenciam diretamente aos outros. Dessa forma, para estudar a dinâmica de oligopólios precisamos estudar como se dão as interações e decisões estratégicas - interações estratégicas. Uma das possibilidades de adentrar esse estudo é utilizando a Teoria dos Jogos, já que a mesma “ajuda a entender teoricamente o processo de decisão de agentes que interagem entre si, a partir da compreensão da lógica da situação em que estão envolvidos” [10].

A teoria dos jogos é um campo do conhecimento que vem ganhando mais visibilidade e desenvolvimento nos estudos modernos. Desde a década de 90, tem se tornado uma ferramenta muito utilizada, principalmente nas teorias sociais aplicadas, economia e administração, por exemplo. Grande parte dessa ampliação do uso da Teoria dos jogos se deve aos estudiosos John C. Harsanyi e John F. Nash, responsáveis pelo desenvolvimento pioneiro da análise de equilíbrio em jogos não-cooperativos, e, vencedores do Nobel de economia, em 1994.

Tendo em visto o assunto tratado na presente obra, os conceitos trabalhados por Nash são primordiais e serão amplamente utilizados, visto que, o mesmo usa a teoria dos jogos não cooperativos em análises sobre o comportamento de empresas atuando em regimes de competição duopolista estratégica.

Antes de adentrar nos pormenores do estudo da competição estratégica entre as Empresas Aéreas Brasileiras, uma contextualização do cenário atual da aviação brasileira e do campo Teoria dos jogos se faz necessária.

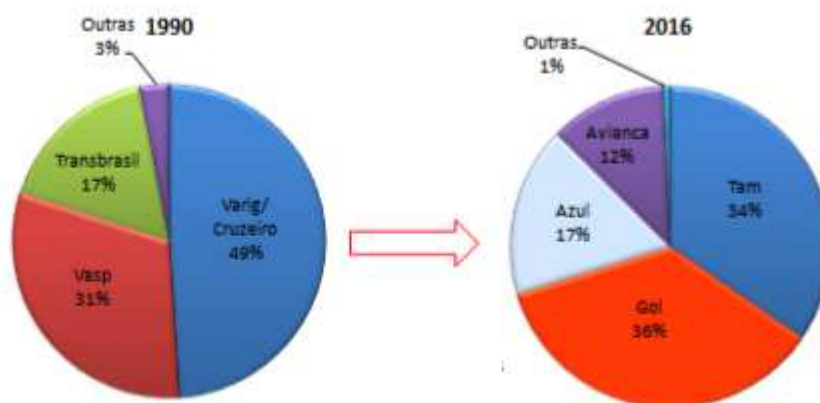
1.1 Relevância do tema

A área da aviação comercial no Brasil passou por mudanças importantes nos últimos 20 anos em relação as empresas do mercado (players). Essas mudanças, causadas pelas entradas, saídas, fusões e aquisições de empresas, geram uma infinidade de decisões estratégicas tomadas pelo mercado e uma série de consequências que impactam todo o cenário da aviação civil brasileira. Para entender-se um pouco mais a magnitude das flutuações que ocorreram, a figura 1.1 ilustra quais eram as empresas atuantes em 1990 em comparação com as que operavam em 2016 (bem como os market shares respectivos):

Em 2007, antes da fundação da Azul Linhas Aéreas no Brasil, LATAM e GOL detinham, em market share, 49,07% e 39,19% respectivamente, somando 88,26% do mercado. Percebe-se então, que o contexto de 2018 é bem diferente do contexto de alguns anos atrás, umas das principais causas foi a entradas e fortalecimento da Azul e Avianca.

Dessa forma, o presente trabalho tem sua relevância no sentido de trazer estudos novos e contextualizados com o que está ocorrendo atualmente no mercado. Podendo

Figura 1.1: Mudanças nos players da aviação comercial brasileira



Fonte: DAC (1991);ANAC (2016). Material elaborado por Josué Catharino Ferreira

servir como base para tomadas de decisões estratégicas para os players.

Torna-se cada vez mais recorrente detalhar as competições entre empresas através das representações e soluções de equilíbrio dos jogos não-cooperativos. O grande diferencial desse campo de conhecimento é racionalizar, matematizar e possibilitar conclusões bem fundamentadas para campos vistos como não exatos. Dessa forma, o tema desse trabalho é relevante para descrever com ferramentas modernas o comportamento do mercado.

De forma resumida, acredita-se que o desenvolvimento do tema: “O oligopólio das Empresas Aéreas Brasileiras: um estudo da competição Estratégica com auxílio da Teoria dos Jogos” é relevante para:

- Atualizar a visão econômica do mercado no que diz respeito a interação dos novos players com os players antigos;
- Utilizar ferramental matemático moderno para racionalizar as possíveis decisões estratégicas e seus impactos para o mercado e players

1.2 Definição do problema

Como mostrado, a entrada da Azul e fortalecimento da Avianca, bem como várias aquisições por parte da LATAM e GOL modificaram o mercado (market shares), con-

sequeentemente perturbaram o equilíbrio que havia entre GOL e LATAM. O problema reside em entender as consequências dessas alterações, para onde converge o equilíbrio e entender se as estratégias adotadas pelas empresas são as melhores.

Podemos resumir nosso problema nas seguintes perguntas

Qual o equilíbrio de Nash para o jogo analisado? No equilíbrio de Nash para os quatro players, qual a melhor estratégia a ser adotado por cada um deles?

1.3 Objetivo principal da pesquisa

A pesquisa e o estudo que serão desenvolvidos nesse trabalho têm como objetivo principal aplicar conceitos desenvolvidos por teóricos do campo da teoria dos jogos dentro do cenário real das empresas aéreas brasileiras. Busca-se analisar qual é o equilíbrio dos quatro principais players do mercado (GOL, TAM, Azul e Avianca), levando-se em consideração a variável número de passageiros (PAX).

Como se trata de uma aplicação de certa forma nova a um cenário econômico, um dos objetivos da pesquisa é fornecer uma estrutura detalhada de como replicar o estudo, seja para o mesmo campo (em um futuro), seja para outras áreas que envolvem jogos e tomadas de decisões estratégicas.

1.4 Objetivos intermediários da pesquisa

Tendo em visto o objetivo principal descrito acima e a definição do problema, definiu-se alguns objetivos intermediários:

- Entender a interdependência entre as empresas aéreas estudadas;
- Verificar se o equilíbrio já foi atingido e, se sim, quais suas características;
- Entender quais as estratégias adotadas pelas empresas e se são as melhores.

Atingidos os objetivos intermediários da pesquisa será possível alcançar o objetivo principal.

1.5 Delimitação da pesquisa

Para utilizar-se todo o ferramental desenvolvido pela teoria dos jogos precisa-se, inicialmente, de um modelo. Segundo Fiani [10]: “ O que necessitamos para poder afirmar algo acerca de qualquer situação de interação estratégica em geral, é de um modelo”.Um modelo nada mais é do que uma representação simplificada de um objeto de estudo, no caso, de uma situação de interação estratégica, em que a situação é apresentada de forma simplificada, em que propositadamente alguns elementos são destacados, enquanto outros são omitidos”.

A própria condição para uso da teoria se faz seu limitante. A partir do momento que se seleciona alguns elementos e descarta-se outros, o estudo se distancia da realidade, mesmo que muito pouco. Entretanto, as escolhas não são arbitrárias: omite-se os fatores considerados pouco importantes ou irrelevantes para a compreensão do que está sendo estudado, ao mesmo tempo que destaca-se o essencial. Nesse trabalho não se fez diferente, a partir de julgamentos e análises de estudos já feitos e do panorama do setor, criou-se um modelo para representá-lo da maneira mais fiel, tendo em vista a infinidade de variáveis e incertezas que envolvem as decisões estratégicas e econômicas que envolvem julgamentos de pessoas.

Dessa forma limitou-se o número de estratégias possíveis para cada empresa e analisou-se a variável PAX.

Para a construção de um modelo mais próximo da realidade optou-se por estudar o mercado doméstico, descartando-se as atuações internacionais das empresas aéreas.

1.6 Estrutura do trabalho

Os próximos capítulos trarão de forma mais detalhada os tópicos introduzidos no primeiro capítulo, além de desenvolver os métodos e chegar as conclusões.

Uma rápida revisão do transporte aéreo brasileiro é feita no capítulo 2. É de suma importância pois, precisamos, antes de qualquer análise posterior, entender o cenário atual do setor.

O capítulo 3 apresenta os conceitos básicos necessários para o entendimento do que será apresentado de relevante em se tratando de teoria dos jogos.

O capítulo 4 apresenta algumas aplicações da teoria dos jogos, em todos os campos, das mais variadas formas possíveis, até chegar nas aplicações diretas da teoria dos jogos para o transporte aéreo.

No capítulo 5 os métodos e modelos utilizados para encontrar as soluções (equilíbrios) dos jogos são apresentados.

Apresentada toda a teoria e contexto de utilização, o capítulo 6 sintetiza o método utilizada no trabalho. No capítulo 7 são apresentados os resultados e, por fim, a conclusão é feita no capítulo 8.

Capítulo 2

Mercado aéreo brasileiro

Apresentou-se, na figura 1.1 uma transição importante que o mercado aéreo brasileiro sofreu nos últimos 25 anos: algumas empresas saíram do mercado e outras entraram. Os próximos parágrafos detalham um pouco mais essas mudanças.

As transformações que ocorreram no cenário do transporte aéreo brasileiro foram acompanhadas por uma mudança de política. De acordo com Ferreira [9], o início dos anos 90 apresentava uma situação de baixa concorrência (Varig dominava 49% do mercado) e de mercado fortemente regulado. Foi então que as autoridades governamentais iniciaram, a partir de 1990, os primeiros passos para o processo de desregulamentação.

Oliveira[17] apresenta os principais períodos importantes na regulação/desregulação do setor aéreo:

- 1968-1986 – Regulação Estrita com Política Industrial
- 1986-1992 – Regulação Enfraquecida
- 1993-1997 – Primeira Rodada de Liberalização
- 1998-2001 – Segunda Rodada de Liberação
- 2001-2002 – Quase Desregulamentação
- 2003-2004 – Re-Regulamentação
- 2005 em diante – Retomada da Liberalização.

Nesse contexto pode-se marcar eventos importantes na construção do cenário atual do setor:

- 1996 - A TAM deixa de ser uma empresa regional
- 2001 - A Gol linhas aéreas inteligentes começa suas operações
- Transbrasil encerrou suas operações no final de 2001
- Avianca começa a operar em 2002
- A Vasp encerrou suas operações em 2004
- Varig encerra suas operações em 2006 após uma série de turbulências
- Azul linhas aéreas começa suas operações em 2008

Dessa forma, o início dos anos 2000 é marcado pelo fim do primeiro oligopólio, como comenta Ferreira [9], um período de transição marcado pelo duopólio entre TAM e GOL [7] e o período atual marcado pela concorrência entre quatro grandes empresas: LATAM, GOL, Azul e Avianca.

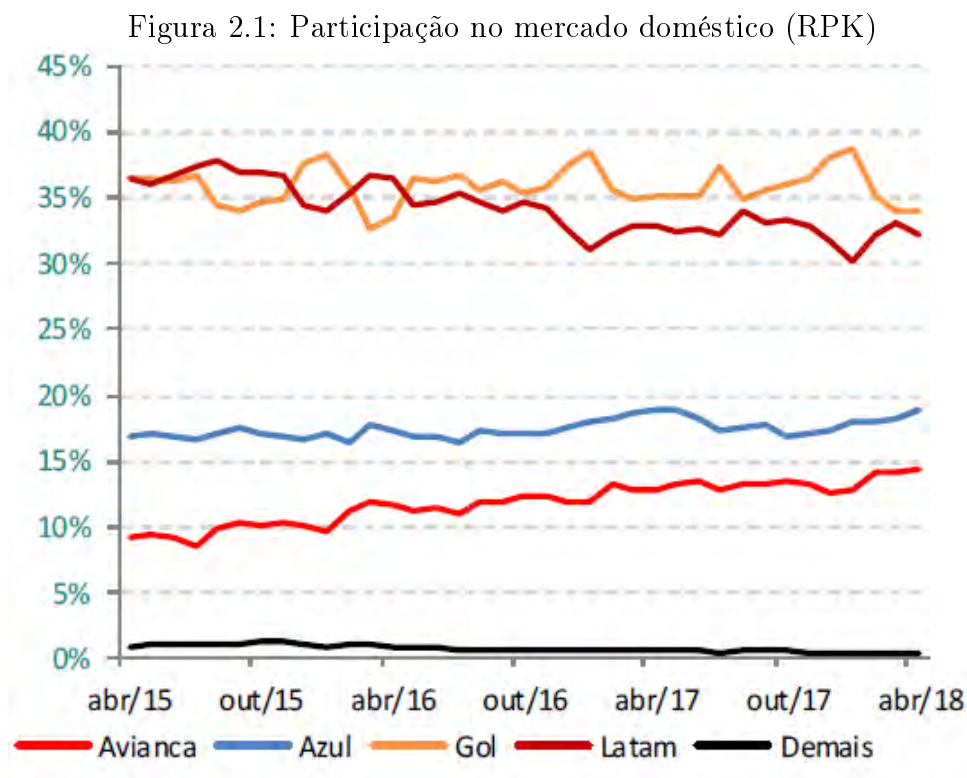
Para entender melhor a atual fase que vive o mercado de transporte aéreo brasileiro, apresenta-se alguns dados levantados pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). A figura 2.1 ilustra a participação no mercado doméstico - RPK (*Revenue seat kilometer*) - das empresas brasileiras.

Nota-se que a parcela correspondente as demais empresas equivale a menos de 1% e, caiu desde abril de 2015. Isso apenas reforça que o mercado é dominado pelas quatro empresas LATAM, GOL, Avianca e Azul. Ademais, percebe-se que a participação das duas empresas líderes de mercado vem caindo com o passar dos anos. Em abril de 2015 LATAM e GOL possuíam, cada uma, mais de 35% do mercado. Já em 2018, no mesmo mês, cada uma possuía uma participação inferior a 35%. Se comparada com abril de 2017 a queda na participação das duas empresas foi de -3% para a GOL e $-1,9\%$ para a LATAM.

Em contra partida, as Empresas Avianca e Azul aumentaram sua participação no mercado. A Azul alcançou participação de $18,9\%$ no mês, enquanto a Avianca respondeu

por 14,4% da demanda doméstica, representando variações positivas de 0,3% e de 13,5%, respectivamente.

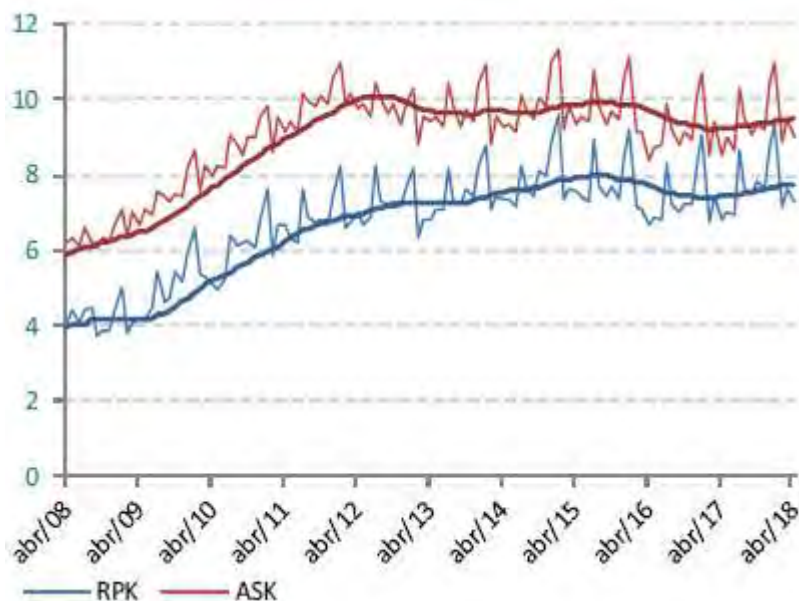
Assim, a participação das demais empresas, concorrentes das duas líderes, foi de 33,7% em abril de 2018, que representou aumento de 5,3% na comparação com o percentual apurado em igual mês do ano anterior. Dessa forma, pode-se afirmar que o duopólio existente no final dos anos 2000 [7], não é mais a melhor estrutura para se analisar o mercado aéreo brasileiro.



Fonte: ANAC [2]

Embora algumas empresas perderam participação em porcentagem, todas cresceram em número de passageiros. Segundo a ANAC [2], a demanda em RPK (*Revenue seat kilometer*) registrou aumento de 6,3% em abril de 2018 comparada com o mesmo mês de 2017. Acompanhando a crescente demanda, a oferta em ASK (*Available seat kilometer*) registrou um crescimento de 5,8%, na mesma comparação. A figura 2 ilustra esses aumentos.

Figura 2.2: ASK e RPK doméstico mensal (bilhões)



Fonte: ANAC [2]

Assim, o contexto no qual o trabalho se insere é de um mercado com políticas mais liberais e menos regulamentação, uma demanda crescente, empresas líderes competindo entre si e com novas empresas que vem ganhando cada vez mais participação.

Vale ressaltar que o Brasil vive uma crise econômica e política iniciada desde 2014. As consequências se estenderam ao setor aéreo brasileiro. Deve-se então levar em conta esse fator ao comparar o período em questão, no qual o trabalho foi realizado, com outros períodos.

Capítulo 3

Introdução a teoria dos jogos

Uma aplicação básica da Teoria dos Jogos é apresentada por Ronaldo Fiani [10] ao analisar a Batalha do Mar de Bismack:

Em 1942 o alto comando de guerra japonês decidiu transferir um maciço reforço da China e do Japão para Lae, em Papua - Nova Guiné. O objetivo era se recuperar da derrota de Guadalcanal e se preparar para a próxima ofensiva aliada. Entretanto havia um problema: o forte poderio aéreo aliado.

Mesmo com o perigo de sofrer várias baixas no deslocamento, os japoneses juntaram uma frota de cerca de 6900 soldados e partiram rumo a Lae. Os japoneses possuíam duas rotas possíveis:

- A rota pelo sul: apresentava tempo bom e boa visibilidade;
- A rota pelo norte: apresentava tempo ruim e baixa visibilidade.

Do outro lado, os aliados possuíam aviões de reconhecimento para pesquisar apenas uma rota por vez, sendo que a busca em qualquer uma das rotas levava um dia inteiro. Assim, caso os aliados errassem a rota escolhida perderiam um dia de bombardeio.

Além disso, devido as características de visibilidade, a rota sul possibilitava no máximo três dias de bombardeio, enquanto que a rota norte, devido ao tempo ruim, fazia com que os aliados perdessem um dia de bombardeio.

Dessa forma existiam quatro cenários possíveis:

1. Japoneses escolhem rota sul e aliados também: Nesse caso os aliados avistam os japoneses logo no primeiro dia de reconhecimento e ocorrem bombardeios durante três dias. É o pior cenário possível para os Japoneses pois provavelmente proporcionará um maior número de baixas.
2. Japoneses escolhem rota sul e aliados rota norte: Como os aliados erraram a rota escolhida pelos inimigos, perdem um dia de bombardeio, mas devido ao bom tempo da rota sul, conseguem bombardear as tropas japonesas por dois dias.
3. Japoneses escolhem rota norte e aliados também: Os aliados localizam os japoneses no primeiro dia, entretanto, devido a baixa visibilidade só conseguem bombardear durante dois dias.
4. Japoneses escolhem rota norte e aliados rota sul: Os aliados perdem um dia devido ao erro da rota e mais um dia devido ao tempo ruim da rota escolhida pelos japoneses. Esse é o melhor caso para os japoneses, pois sofrem apenas um dia de bombardeios.

A tabela 3.1 ilustra as possibilidades para o modelo adotado:

| Forças aliadas | Comboio Japonês | |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Rota sul | Rota norte |
| Busca rota sul no primeiro dia | 3 dias de bombardeio | 1 dia de bombardeio |
| Busca rota norte no primeiro dia | 2 dias de bombardeio | 2 dias de bombardeio |

Tabela 3.1: Possibilidades do Mar de Bismarck
 Fonte: Ronaldo Fiani - Teoria dos jogos 8^a

Percebe-se que o modelo adotado permite tanto aos japoneses quanto aos aliados tomarem suas decisões.

Para os japoneses a melhor rota é a norte, pois, para as duas possibilidades de escolha dos aliados, sofrerá menor danos. Sabendo que a melhor rota para os japoneses é a norte, os aliados também devem optar por ela. Foi exatamente isso que aconteceu: 1^o de março de 1942 o comboio japonês foi avistado por um bombardeiro de patrulha B-24 Liberator.

O conceito de ambos os players tomarem a melhor decisão para si é conhecido dentro da teoria dos jogos como Equilíbrio de Nash.

Esse caso ilustra, de forma bem simples e elegante, como organizar decisões estratégicas racionalmente. Entretanto, nas mais vastas aplicações e análises diárias é difícil identificar de maneira direta a estrutura do jogo e aplicar os conhecimentos da teoria dos jogos. Para sanar esses problemas, teóricos da área desenvolveram conceitos básicos, estruturas e modelos que podem ser adequados aos mais diversos cenários encontrados, facilitando, assim, a utilização da teoria.

3.1 Hipóteses iniciais

De acordo com Donário [8], a teoria dos jogos é construída a partir de dois pressupostos básicos:

- Cada jogador tem um comportamento fortemente racional (teoria da escolha racional),
- Todos os jogadores são movidos por alguma noção de equilíbrio.

De acordo com a teoria da escolha racional, um agente racional é aquele que utiliza a lógica e premissas justificadas com argumentos racionais para chegar às suas conclusões. Além disso, utiliza evidências empíricas com imparcialidade ao julgar afirmações.

3.2 Conceitos básicos

Inicialmente, precisa-se entender como modelar um jogo. O modelo é uma representação abstrata da situação real que leva em consideração apenas os elementos considerados importantes para a análise.

Um conceito básico é de ação, ou movimento. Dentro dos modelos de interações estratégicas, os jogadores buscam o melhor resultado para si, e, a interação ocorre justamente nessa busca. Os participantes são obrigados a agir: uma ação (ou movimento) é

uma escolha (um elemento de um conjunto) que um determinado jogador pode fazer em determinado momento do jogo.

Utilizando-se índices $i = 1, 2, 3, \dots, n$ para representar os jogadores, o conjunto de ações do i -ésimo jogador lista todas as possíveis ações disponíveis para este jogador. No exemplo do mar de Bismack (utilizando 1 para representar as forças aliadas e 2 para as tropas japonesas:

$$A_1 = \{sul, norte\}$$

$$A_2 = \{sul, norte\}$$

Além de entender quais são as opções de cada participante, deve-se também saber se o jogador que decide em determinada etapa seguinte conhece ou não a decisão do jogador anterior. Esses processos decisórios levam a duas possibilidades principais:

- Jogos simultâneos: São aqueles nos quais cada jogador ignora as decisões dos demais jogadores no momento em que toma a sua própria.
- Jogos sequenciais: os jogadores tomam decisões sabendo quais foram as ações dos competidores anteriores. Os jogadores realizam seus movimentos em uma ordem predeterminada.

3.3 Representação dos Jogos simultâneos

Para caracterizar melhor esse modelo de jogos, precisa-se dos conceitos de recompensa e estratégia. Ao final de todas as ações, ou seja, encerrado o jogo, todos os jogadores, de acordo com os movimentos tomados, sofrem consequências (positivas ou negativas). Essas consequências são chamadas de recompensas. Em outras palavras: recompensa é o resultado, é tudo aquilo que um jogador ganha ou perde depois que o jogo acaba.

Assim, tendo dois possíveis resultados x e y é possível definir-se uma função recompensa f de tal forma que:

$$f(x) \geq f(y) \text{ sempre que } x \succeq y$$

Onde $f(x) \geq f(y)$ significa $f(x)$ é maior ou igual a $f(y)$ e $x \succeq y$ significa x é pelo menos tão preferível quanto y . O que a função recompensa faz é transformar em números

as preferências de cada jogador com o intuito de compará-las.

É interessante notar que \succeq representa uma relação de preferência e não uma relação quantitativa. Outros símbolos utilizados para representar relações de preferência são:

$x \succ y$: lê-se x é estritamente preferível a y ,

$x \sim y$: lê-se x é indiferente com relação a y .

De acordo com Ronaldo Fiani [10], a função recompensa não busca medir as preferências, apenas ordená-las. Dessa forma, qualquer função matemática que atribua valores aos resultados do jogo, e, que respeitem a ordem de preferência do jogador é válido. Ademais, devemos utilizar a função recompensa para ordenar as preferências de um jogador, e nunca para ordenar as preferências de jogadores diferentes.

Pode-se construir essas funções a partir da utilidade que um determinado participante obtém ao final do jogo. Mas é extremamente comum utilizar fatores monetários para ordenar as preferências de cada um dos players. Essa última construção envolve a hipótese de que os competidores preferem mais dinheiro a menos, o que é bem plausível.

Definidas as funções recompensas e as possíveis ações que cada um dos jogadores pode tomar, pode-se definir estratégia: é um plano de ações ou sequências de movimentos para um determinado jogador que especifica quais serão as decisões tomadas em cada um dos momentos do jogo que ele deve decidir.

Chama-se de conjunto de estratégias (ou espaço de estratégias) o conjunto de estratégias que cada jogador possui. Utiliza-se as seguintes representações:

$S^i = \{s_j^i\}$. S^i é o conjunto em questão para o jogador i e s_j^i é a j -ésima estratégia possível para o jogador i .

$S = (s^1, \dots, s^n)$: combinação de estratégias. Cada elemento de S é uma estratégia para cada um dos n jogadores.

Pode-se utilizar todos esses conceitos para representar jogos simultâneos. A maneira mais simples e usual de apresentar esse modelo é através da forma estratégica ou normal. A tabela 3.1, utilizada para resumir o caso do mar de Bismack é um exemplo de representação estratégica. Essa representação é constituída por uma tabela na qual as estratégias de um jogador se encontram nas linhas e as estratégias do outro jogador se encontram nas

colunas. Além das estratégias possíveis de cada jogador, a forma estratégica apresenta as recompensas para cada combinação de estratégias. Utilizando novamente o exemplo do mar de Bismarck para ilustrar: para a combinação $S = (Sul, Sul)$, ou seja, considerando que as forças aliadas decidam seguir pela rota sul, bem como os tropas japonesas, a recompensa será 3 dias de bombardeio.

No exemplo ilustrado temos apenas dois jogadores, entretanto pode-se expandir essa representação para n jogadores.

3.4 Representação dos Jogos sequenciais

Diferente dos jogos simultâneos, os jogos sequências ocorrem com interações em etapas sucessivas. Uma das características desse modelo é a existência de informações sobre eventuais desdobramentos futuros das escolhas dos jogadores. Assim, os jogadores fazem escolhas a partir de escolhas já feitas anteriormente.

Para representar essas decisões sucessivas utiliza-se, mais comumente, uma árvore de jogos. Essa representação é composta por nós e ramos:

- Nós: Representam uma etapa do jogo na qual algum dos jogadores deve tomar uma decisão. São representados com pontos.
- Ramos: São as decisões tomadas pelos jogadores para cada nó. Um ramo é uma ação do conjunto de ações do jogador, em um dado nó. São representados com flechas.

À medida que o jogo avança e cada nó é percorrido, outros nós passam a ser possíveis, ou seja, cada decisão de um jogador torna possível outras decisões dos demais jogadores.

Para construir uma árvore deve-se seguir algumas regras básicas [10]:

1. Todo nó deve ser precedido por, no máximo, um outro nó apenas;
2. Nenhum ramo pode ligar um nó a ele mesmo;
3. Todo nó na árvore de jogos deve ser sucessor de um único e mesmo nó inicial.

Esse modelo trás a necessidade de definirmos conjunto de informações: é constituído pelos nós que o jogador pode (ou acredita que pode) estar em uma dada etapa do jogo. A partir dessa definição pode-se dividir os jogos em dois grupos:

- Jogos de informação perfeita: ocorre quando todos os jogadores conhecem toda a história do jogo até o momento de fazerem sua próxima escolha. Ou seja, sabe exatamente em qual nó está e em quais nós pode chegar. Em outras palavras, um jogo de informação perfeita é aquele no qual todos os seus conjuntos de informações são unitários.
- Jogos de informação imperfeita: ocorre quando algum jogador deve fazer algum movimento sem conhecer toda a história até o momento da escolha. Ou seja, o jogador não sabe exatamente em qual nó está. Em outras palavras, um jogo de informação imperfeita ocorre quando pelo menos um de seus conjuntos informação não é unitário.

O objetivo dessas representações e definições é permitir uma análise mais formal e completa dos jogos a fim de conhecer as melhores estratégias. O objetivo desse trabalho é solucionar esses jogos. O proximo capítulo entra mais a fundo em métodos para solucionar jogos simultâneos, focando na teoria desenvolvida pelo matemático John Nash.

Capítulo 4

Algumas aplicações da teoria dos jogos

A utilização da teoria dos jogos para estudos e análises de mercados, nas mais diversas áreas, vem se fortalecendo. Como comenta Parsons [18], em seu estudo sobre Teoria dos jogos e Decisões em mercados com múltiplos agentes:

“In the last few years, there has been increasing interest in the use of techniques from decision theory and game theory for analysing and implementing agent systems.”

A literatura, nesse sentido, abrange várias temáticas, desde áreas da engenharia civil como aplicações na gestão e construção civil - Kaplinski [13] -, passando por estudos sobre carteis e leis antitruste - Leslie [15] -, incluindo áreas da saúde - Teixeira [22] estuda e analisa a formação e a sustentabilidade político-financeira dos Consórcios intermunicipais de saúde por meio da teoria dos jogos -, até análises mais focadas na indústria e seus competidores, que é o objetivo primordial desse trabalho.

Trabalhos como o de Costa [21] trazem conceitos de estratégias de equilíbrio clássicas para formular as estratégias de negócios aplicáveis a situações típicas de cooperação e de competição entre jogadores (empresas), introduzindo o conceito de matriz de posicionamento estratégico utilizando pressupostos concorrenciais e competitivo.

Dentro do campo do transporte aéreo trabalhos importantes e com aplicações práticas estão sendo desenvolvidos. Ribeiro [20] trata do problema do gerenciamento de partidas em aeroportos. Propõe uma abordagem experimental de gerenciamento colaborativo de partidas com a utilização da Teoria dos Jogos. Os resultados obtidos, a partir de planos de voo reais válidos para o Aeroporto Internacional de Brasília no mês de fevereiro

de 2013, foram satisfatórios e as otimizações no sequenciamento das decolagens puderam reduzir o custo associado aos atrasos em até vinte e três por cento, comprovando a eficácia da modelagem proposta.

Ramos [19] faz um extensivo trabalho analisando a entrada de uma empresa em um novo mercado. Mais precisamente, o estudo utiliza opções reais e teoria dos jogos para estudar o caso da GOL. Conceitos como equilíbrio de Bertrand, movimento sequencial e equilíbrio de Stackelberg são amplamente utilizados e discutidos nesse trabalho.

Um trabalho relevante foi feito por de Sena [7] ao analisar, sob a ótica da teoria dos Jogos, o duopólio das empresas Aéreas Brasileiras TAM e GOL. Conceitos como duopólio de Cournot, duopólio de Stackelberg, jogo de Cournot são trazidos pelo trabalho. A conclusão, na época, apontava a manutenção da tendência de vendas. Essa pesquisa é de suma importância para o trabalho aqui apresentado, pois serviu como base e comparação para muito do que se segue nos próximos capítulos.

O campo da teoria dos jogos possui muitas conceitos, definições e formulações características. Dessa forma, para o bom desenvolvimento do assunto, manuais e livros sobre o tema são usados como importantes obras de referência teórico-empírica para o presente artigo. Podemos citar: Fiani [10], Bierman [5] e Hargreaves [11].

Para a aplicação da teoria vista nas obras de referência utiliza-se matemática, estatística descritiva e conceitos básicos de econometria. Bons materiais nesse sentido são abordados: Amaro [1] e Wooldridge [23].

Capítulo 5

Soluções e equilíbrios dos jogos

Nessa seção apresentaremos mais alguns conceitos relevantes para a teoria dos jogos. Focaremos nos tópicos relacionados aos equilíbrios e como obtê-los. Com esses conceitos teremos todo o ferramental necessários para seguir com as análises pertinentes ao trabalho em questão.

Inicialmente apresenta-se o conceito de estratégia dominante e estratégia dominada. Considere um jogo com m players A_1, A_2, \dots, A_m . Considere também que as possíveis estratégias para A_k são: $\{s_1^k, s_2^k, \dots, s_n^k\}$. Dizemos que a estratégia s_i^1 de A_1 domina estritamente a estratégia s_j^1 , com $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$, se, para qualquer coleção de estratégias adotadas pelos demais jogadores, adotar s_i^1 resultar em uma recompensa sempre mais alta para o jogador A_1 do que s_j^1 resultaria. Dizemos também que s_j^1 é uma estratégia estritamente dominada por s_i . Uma estratégia estritamente dominante para o jogador A_1 é aquela que domina estritamente todas as outras possíveis estratégias desse jogador. Por fim, a combinação de estratégias $S = (s_{a_1}^1, s_{a_2}^2, \dots, s_{a_m}^m)$ é um equilíbrio de estratégia estritamente dominante se, para qualquer jogador $k, s_{a_k}^k$ for uma estratégia estritamente dominante.

Existem uma segunda possibilidade de categorização das estratégias. Considere o mesmo exemplo anterior. Dizemos que a estratégia s_i^1 de A_1 domina fracamente a estratégia s_j^1 , com $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$, se, para qualquer coleção de estratégias adotadas pelos demais jogadores, adotar s_i^1 nunca resultar em uma recompensa mais baixa para o jogador A_1 do que s_j^1 resultaria, e, em pelo menos um caso, s_i^1 der ao jogador em questão uma recompensa estritamente mais alta do que s_j^1 daria. Dizemos também que s_j^1 é uma estra-

tégia fracamente dominada por s_i^1 . Uma estratégia fracamente dominante para o jogador A_1 é aquela que domina fracamente todas as outras possíveis estratégias desse jogador. Por fim, a combinação de estratégias $S = (s_{a_1}^1, s_{a_2}^2, \dots, s_{a_m}^m)$ é um equilíbrio de estratégia fracamente dominante se, para qualquer jogador k , $s_{a_k}^k$ for uma estratégia fracamente dominante.

Dessas definições começa-se a perceber o caminho das soluções: um jogador (levando em conta o critério racional da teoria dos jogos) nunca escolherá uma estratégia estritamente (ou fracamente) dominada, sempre optará pela estratégia estritamente (ou fracamente) dominante sempre que ela existir. Pode-se eliminar de maneira iterativa as estratégias estritamente dominadas dos jogadores até restringirmos a uma configuração na qual exista um equilíbrio de estratégia estritamente dominante.

E o que ocorrerá caso não existam estratégias dominantes? Nesse caso pode-se utilizar o conceito de equilíbrio de Nash: Suponha que exista N jogadores em um jogo, $S^i = s_1^i, \dots, s_k^i$ seja o conjunto de estratégias possíveis para o jogador i e $f_i(s^1, s^2, \dots, s^n)$ seja a recompensa do jogador i quando os jogadores escolhem o perfil de estratégias s_1^i, \dots, s_k^i . Um equilíbrio de Nash constitui um perfil de estratégias $\bar{s}^1, \bar{s}^2, \dots, \bar{s}^n$ tal que cada estratégia (\bar{s}^i) é um elemento de S^i e maximiza a função $f_i(\bar{s}^1, \bar{s}^2, \dots, \bar{s}^n)$ entre todos os elementos de S^i . Isto é, em um equilíbrio de Nash, a estratégia de equilíbrio de cada jogador é a melhor resposta à crença de que os outros jogadores adotarão suas estratégias de equilíbrio de Nash.

Dessas definições surgem algumas consequências:

1. Se um conjunto de estratégias é um equilíbrio de estratégia dominante então é um equilíbrio de Nash e é único;
2. Se um conjunto de estratégias é um equilíbrio de estratégia fracamente dominante então é um equilíbrio de Nash, porém necessariamente é o único;
3. A eliminação de estratégias fracamente dominadas de forma iterativa às vezes elimina também equilíbrios de Nash.

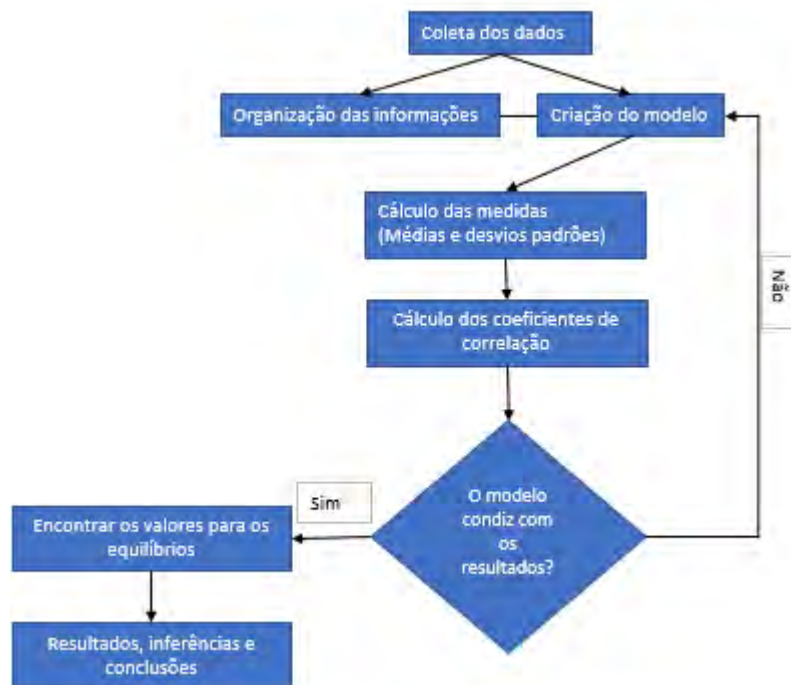
Capítulo 6

Metodologia

6.1 Introdução

A figura 6.1 apresenta a sequência metodológica utilizada para se chegar as conclusões e responder as perguntas mais importantes desse trabalho.

Figura 6.1: Passos da metodologia



6.2 Dados

Para a construção dos modelos, dos cenários e para chegar aos resultados finais, faz-se necessário os dados referentes aos quantitativos de número de passageiros por mês para cada uma das quatro companhias aéreas nos últimos anos. Mensalmente a ANAC (Agencia Nacional de Aviação Civil) divulga, em seu site (disponível em: [4]) estatísticas e resultados referentes ao transporte aéreo brasileiro. No presente trabalho utilizou-se as seguintes fontes de informação:

- Base de dados estatísticos do Transporte Aéreo (disponível em: [3]): a série histórica dos dados estatísticos do transporte aéreo do Brasil.
- Relatório Demanda e Oferta do Transporte Aéreo - Empresas Brasileiras (disponível em: [2]): traz o acompanhamento da variação da oferta e da demanda de passageiros, da taxa de aproveitamento das aeronaves e da participação de mercado das empresas brasileiras de serviços de transporte aéreo público.

Para a total compreensão desses dados e das análises que virão em sequência é de importância entender as variáveis disponibilizadas nos relatórios:

a) Tipo de voo:

- Improdutivos (*Non-revenue flights*): etapas que não geraram receita para a empresa;
- Regulares: (*Scheduled revenue flights*): etapas remuneradas realizadas regularmente. Sob numeração HOTRAN;
- Não Regulares (*Non-scheduled revenue flights*): etapas remuneradas não realizadas regularmente. Não possuem numeração HOTRAN.
- ASK (*Available seat kilometer*): volume de assentos quilômetros oferecidos, ou seja, a soma do produto entre o número de assentos oferecido e a distância das etapas;
- RPK (*Revenue seat kilometer*): volume de passageiros quilômetros transportados, ou seja, a soma do produto entre o número de passageiros pagos e a distâncias das etapas;

- Natureza do voo: Voos domésticos e internacionais. A primeira modalidade abrange todos os voos que possuem pouso e decolagem realizados no Brasil e sejam operados por empresas brasileiras. Todos os demais voos que não se encaixam em domésticos são internacionais.

No presente trabalho consideraremos apenas voos domésticos e regulares e o estudo será feito tomando como base o aeroporto de origem como Guarulhos (Sigla: SBGR).

6.3 Procedimentos metodológicos

Sena [7] utiliza extensivamente métodos da Teoria dos jogos para a analisar a concorrência entre TAM e GOL (dois players no mercado). Para tal, utiliza técnicas de cenários e métodos estatísticos e matemáticos. As mesmas ferramentas serão aqui utilizadas e expandidas para a quatro players. Por questões de simplificação, representaremos as quatro companhias aéreas pelas siglas utilizadas pela ANAC: LATAM = TAM, GOL = GLO, Avianca = ONE e AZUL = AZU.

Foram considerados dois períodos de estudo:

- i) Agosto de 2016 a julho de 2017;
- ii) Agosto de 2017 a julho de 2018.

Para a construção dos cenários-alvo de cada um dos períodos, utiliza-se estatística descritiva através de medidas de tendência central (média) e dispersão (desvio-padrão). Considerando as $N = 12$ observações mensais da variável PAX que compõe o universo da investigação, as médias são obtidas computacionalmente por:

$$\mu_j = \sum_{i=1}^{12} \frac{x_{ij}}{N}, j = \{TAM, GLO, ONE, AZU\} \quad (6.1)$$

E os desvios padrões por

$$\sigma_j = \sum_{i=1}^{12} \sqrt{\frac{(x_{ij} - \mu_j)^2}{N}}, j = \{TAM, GLO, ONE, AZU\} \quad (6.2)$$

Essas duas medidas são tomadas para cada um dos períodos.

As médias μ_j serão pontos centrais, de tendência. Assume-se que essas medidas incorporam os cenários de tendência, no qual o número de PAX pelas empresas permanecerá, para um período próximo de tempo, nos mesmos níveis médios do passado. As médias, portanto representam um cenário, o conservador.

Para a construção dos demais cenários, utiliza-se os desvios padrões, já que os mesmos informam os graus de dispersão das vendas de PAX na vizinhança dos níveis de vendas médios. O cenário pessimista, no qual ocorre redução, e o cenário otimista, quando ocorrer aumento, são as duas possibilidades adicionadas pelo uso do desvio padrão.

Para avaliar a interdependência entre as quatro empresas, necessário para validar o modelo de oligopólio, utiliza-se a variáveis referentes aos market shares mensais das empresas. Essa variável é construída pela divisão entre o número de PAX vendido por cada empresa e pelo total vendido na indústria em um mês. Para evidenciar a interdependência competitiva em porcentagens vendidas de PAX, utiliza-se coeficientes de correlação de Pearson a de correlações e o coeficiente de correlação múltipla.

Os coeficientes de Pearson são dados por:

$$r_{X_k, X_j} = \frac{cov(X_k, X_j)}{\sigma_k \sigma_j} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (x_{ik} - \mu_k)(x_{ij} - \mu_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{12} (x_{ik} - \mu_k)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (x_{ij} - \mu_j)^2}}$$

$$j, k \in \{TAM, GLO, ONE, AZU\} \quad (6.3)$$

A matriz de correlação R_{xx} de quatro variáveis $X_{TAM}, X_{GLO}, X_{ONE}, X_{AZU}$ é a matriz 4×4 cujo o elemento $a_{kj} = r_{X_k, X_j}$. Por fim, tem-se o coeficiente de correlação múltipla R dado por:

$$R^2 = c^T R_{xx}^{-1} c \quad (6.4)$$

O vetor c é o vetor de correlações entre as variáveis independentes X_k e a variável

independente Y_n . Para esse trabalho, utiliza-se $Y_n = X_{TAM}$ como a variável dependente e $X_{GLO}, X_{ONE}, X_{AZU}$ são tidas como variáveis independentes.

De acordo com Wooldridge [23], o coeficiente de correlação múltipla R mensura o grau de ajustamento linear entre as variáveis, com valores próximos a $+1$ e -1 , indicando forte correlação positiva ou negativa, respectivamente. Para o estudo do oligopólio entre, ou seja, de uma estrutura competitiva envolvendo elevado grau de interdependência entre as empresas, o módulo do coeficiente de correlação múltipla deverá apresentar um valor próximo de 1, ou seja, forte correlação.

Concluída a parte inicial de obtenção dos dados e verificação da correlação entre as variáveis (etapa de conferir se o modelo condiz com os resultados -6.1), atingirmos um dos objetivos intermediários do trabalho, entender a interdependência entre as empresas aéreas estudadas. Pode-se, então, prosseguir para a aplicação e obtenção dos valores de equilíbrio seguindo as técnicas do modelo de Cournot.

6.4 Modelo de análise

Em decorrência da simultaneidade dos movimentos estratégicos das empresas, a representação estratégica aplicada à competição oligopolista do modelo de Cournot é a ideal.

Com as informações e definições feitas na seção anterior, o método matemático de determinação de equilíbrio é usado para racionalizar escolhas ótimas para as empresas em relação à variável estratégica ‘venda de PAX’. Os objetivos são:

- Para a empresa LATAM, escolher $x_{TAM} = f(x_{TAM}, x_{GLO}, x_{ONE}, x_{AZU})$ de modo a maximizar seu número de PAX;
- Para a empresa LATAM, escolher $x_{GLO} = f(x_{TAM}, x_{GLO}, x_{ONE}, x_{AZU})$ de modo a maximizar seu número de PAX;
- Para a empresa LATAM, escolher $x_{ONE} = f(x_{TAM}, x_{GLO}, x_{ONE}, x_{AZU})$ de modo a maximizar seu número de PAX;

- Para a empresa LATAM, escolher $x_{AZU} = f(x_{TAM}, x_{GLO}, x_{ONE}, x_{AZU})$ de modo a maximizar seu número de PAX;

Tal método é bastante utilizado por Chiang [6] para maximização de funções multivariadas.

Para tanto, precisa-se definir quais serão as estratégias possíveis para cada empresa e como será feito o cálculo dos *payoffs* (recompensas). Com essas informações será possível montar uma estrutura de dados parecida com a 3.1.

Atribuem-se a cada um dos jogadores $j = \{TAM, GLO, ONE, AZU\}$ o seguinte conjunto de estratégias $S^j = \{s_p^j, s_C^j, s_O^j\} = \{P, C, O\}$, correspondendo às estratégias de cenário pessimista (P), de continuidade (C) e otimista (O). Os cálculos para cada uma dessas estratégias é feita da seguinte forma:

$$s_p^j = P \rightarrow x_{jp} = \mu_j - 2\sigma_j \quad (6.5)$$

$$s_C^j = C \rightarrow x_{jC} = \mu_j \quad (6.6)$$

$$s_O^j = O \rightarrow x_{jO} = \mu_j + 2\sigma_j \quad (6.7)$$

Como afirma Kreps [14], se as formalidades da teoria forem bem conduzidas, o fato de termos apenas três estratégias para cada empresa, não coloca empecilhos e, assim, não inviabiliza o potencial analítico do instrumental.

Para o cálculo dos *payoffs*, utiliza-se uma especificação linear para as condições de demanda do mercado de linhas aéreas no Brasil, isto é:

$$P = [a - X] \quad (6.8)$$

P é o preço de mercado do produto PAX vendido, a é um parâmetro maior que X escolhido para deixar a $P > 0$, e $X = x_{TAM} + x_{GLO} + x_{ONE} + x_{AZU}$ é a quantidade total de PAX vendida no mercado pelas quatro empresas. O uso de funções de demanda linear

é amplo na literatura. Importantes contribuições com aplicações do modelo de Cournot, usando demanda linear, são Pang [12], Sena [7] e Ohkawa [16].

Nesse trabalho, o estudo é feito analisando puramente a receita de vendas. Os custos gerados pelas empresas competidoras para viabilização dos serviços não são levados em consideração.

As funções receitas, que aqui serão usadas como as funções *payoffs*, são dadas por:

$$f_j = P \times x_j = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{ONE} - x_{AZU}) \times x_j, j = \{TAM, GLO, ONE, AZU\} \quad (6.9)$$

A partir de então, constrói-se a estrutura de dados com todas as combinações possíveis de estratégias, ou seja, temos $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ células. Cada uma das células (U_{abcd}) é preenchida usando as funções receita para cada uma das estratégias escolhidas pelas empresas. Considerando, para facilitar a visualização, as estratégias pessimista, de continuidade e otimista numeradas de 1 a 3, ou seja, considerando $P, C, O = 1, 2, 3$, temos que cada célula U_{abcd} é construída considerando-se:

$a \in \{1, 2, 3\}$ representa a estratégia escolhida pela TAM

$b \in \{1, 2, 3\}$ representa a estratégia escolhida pela GLO

$c \in \{1, 2, 3\}$ representa a estratégia escolhida pela ONE

$d \in \{1, 2, 3\}$ representa a estratégia escolhida pela AZU

Assim:

$$U_{abcd} = (f_{TAM,a}, f_{GLO,b}, f_{ONE,c}, f_{AZU,d}) \quad (6.10)$$

Por exemplo, digamos que todas as empresas adotam o cenário otimista:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{TAM} = x_{TAM,O} \rightarrow a = 3 \\ x_{GLO} = x_{GLO,O} \rightarrow b = 3 \\ x_{ONE} = x_{ONE,O} \rightarrow c = 3 \\ X_{AZU} = x_{AZU,O} \rightarrow d = 3 \end{array} \right. \quad (6.11)$$

Tem-se, assim, as seguintes receitas:

$$f_{TAM,3} = (a - x_{TAM,O} - x_{GLO,O} - x_{ONE,O} - x_{AZU,O}) \times x_{TAM,O} \quad (6.12)$$

$$f_{GLO,3} = (a - x_{TAM,O} - x_{GLO,O} - x_{ONE,O} - x_{AZU,O}) \times x_{GLO,O} \quad (6.13)$$

$$f_{ONE,3} = (a - x_{TAM,O} - x_{GLO,O} - x_{ONE,O} - x_{AZU,O}) \times x_{ONE,O} \quad (6.14)$$

$$f_{AZU,3} = (a - x_{TAM,O} - x_{GLO,O} - x_{ONE,O} - x_{AZU,O}) \times x_{AZU,O} \quad (6.15)$$

A partir desses cálculos, teremos a célula:

$$U_{3333} = (f_{TAM,3}, f_{GLO,3}, f_{ONE,3}, f_{AZU,3}) \quad (6.16)$$

6.5 Ferramentas utilizadas

Além da matemática descritiva, utilizada para adquirir os dados necessários, utilizou-se software excel de maneira bem simples para se chegar aos resultados. A partir da estrutura de dados criada com auxílio da 6.10, pode-se utilizar as técnicas de teoria dos jogos para se atingir os objetivos intermediários descritos em 1.4.

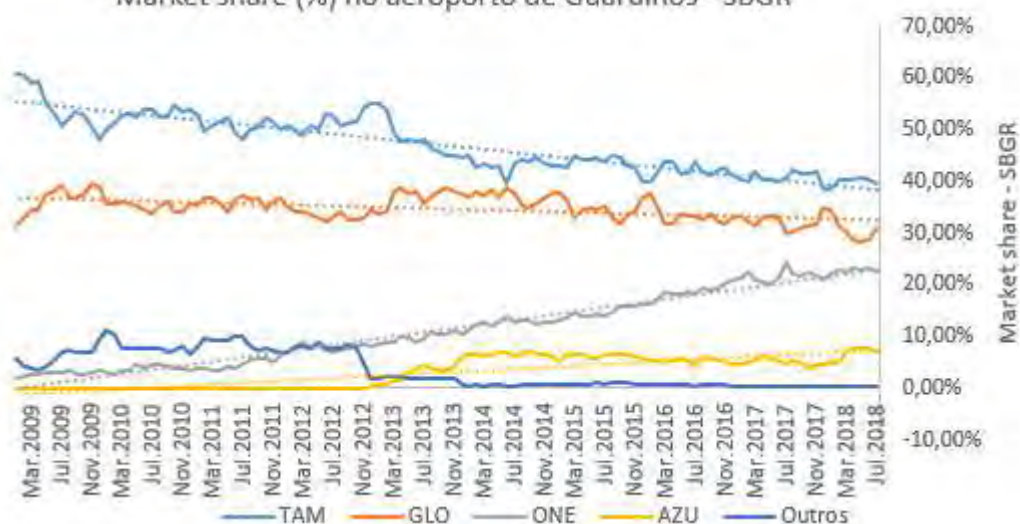
Cumpridas todas essas etapas é possível chegar as conclusões finais e atingir o objetivo principal do trabalho.

Capítulo 7

Construção dos resultados

A análise aplicada da teoria dos jogos se restringirá aos voos regulares e domésticos com origem no aeroporto de Guarulhos (SBGR). Dessa forma, como primeira análise, construiu-se a duas visões para entender melhor a competição entre as quatro empresas estudadas: um diagrama que ilustra as malhas aéreas adotadas por Latam, Gol, Azul e Avianca e um gráfico que representa a evolução temporal do market share de cada uma delas.

Figura 7.1: Market share (%) no aeroporto de Guarulhos (SBGR)
Market share (%) no aeroporto de Guarulhos - SBGR



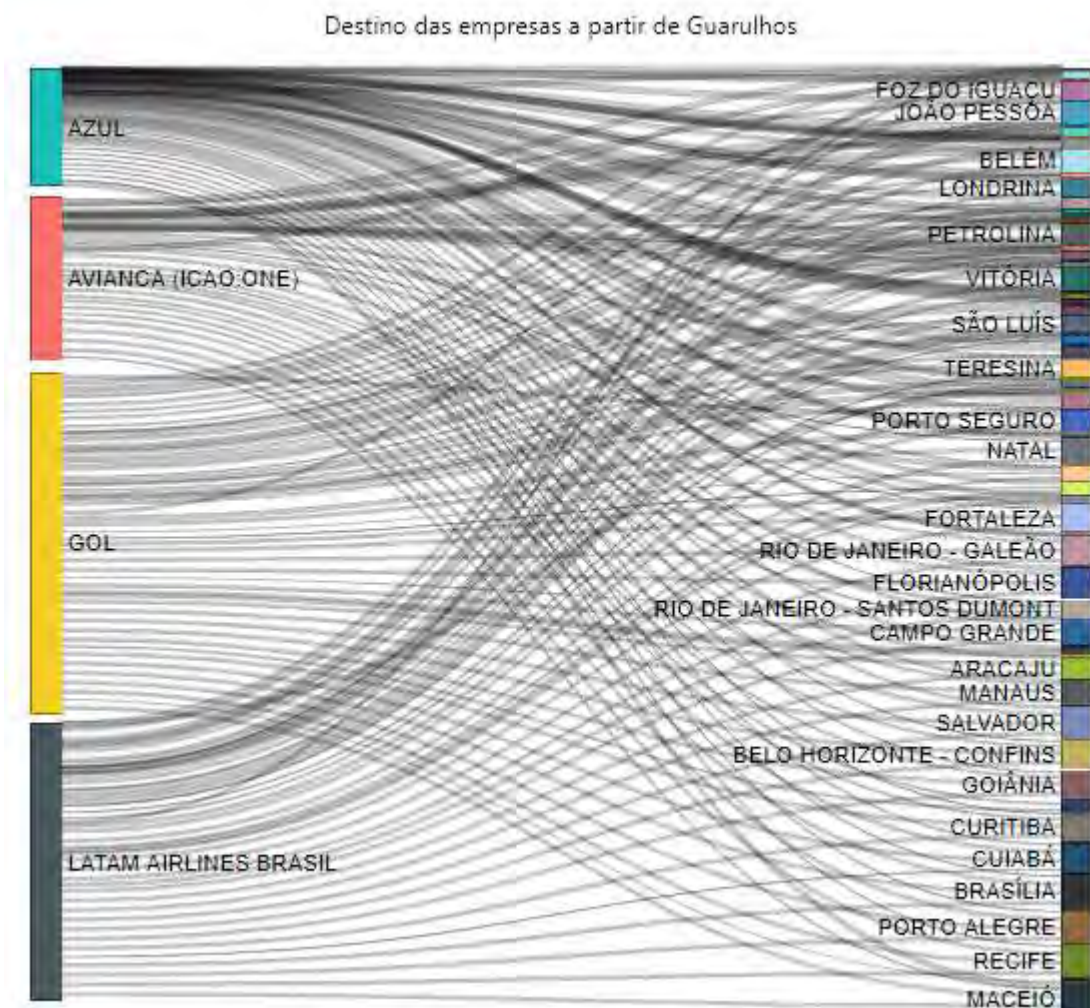
Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Jan.2009 a Jul. 2018).
<<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>

Elaborado pelo próprio autor.

A partir das figuras 7.1 e 7.2 podemos observar que:

- O market share da Latam e Gol estão caindo enquanto da Azul e Avianca estão crescendo.
- Existe uma relação entre os picos e os vales de representatividade de mercado entre Latam e Gol e o mesmo é válido para Azul e Avianca.
- A grande parte das malhas é feita pelas quatro empresas aéreas, ocorrendo assim uma competição.

Figura 7.2: Destinos das empresas a partir de Guarulhos



Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Jan.2009 a Jul. 2018).
 <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>

Elaborado pelo próprio autor.

Conclui-se que realmente existe uma competição direta por passageiros entre essas quatro empresas. Entretanto, devido a percepção de uma relação mais forte entre Latam

e Gol e entre Azul e Avianca, uma análise preliminar com esses dois grupos separados será feita. O objetivo será, antes de estudar a estrutura do jogo como um todo, entender melhor como se dá a competição duas a duas. E construir um raciocínio introdutório para as análises seguintes.

Para as análises que se seguem foram utilizadas as seguintes considerações:

- Desconsiderou-se, por finalidade de simplificação, os custos incorridos pelas empresas competidoras para a viabilização dos serviços. Ou seja, as concorrências investigadas são puramente em receita de vendas.
- As funções receita (payoffs) só contemplam as estratégias puras, ou seja, não incorporam nenhuma consideração probabilística que levasse em conta quaisquer aleatoriedade existente nos movimentos estratégico dos concorrentes em relação às decisões de quanto vender.

7.1 Métodos usados para encontrar os equilíbrios

Para encontrar os equilíbrios dos jogos analisados nas seções 7.2, 7.3 e 7.4 utilizou-se dois métodos de determinação de solução de equilíbrios:

- Sucessiva dominância;
- Equilíbrio de Nash.

Ambos foram tratados nos capítulos 3 e 5. Tendo em vista a síntese do trabalho e a simplicidade optou-se por apresentar detalhadamente a resolução de apenas um dos casos (7.2.1.) e, para os demais, apenas a exposição dos resultados obtidos.

7.2 Competição duopolista de Cournot para Latam-GOL

7.2.1 Agosto de 2016 a julho de 2017

A partir da tabela 7.1 podemos encontrar o valor da variável PAX para todos os cenários das duas empresas aéreas. Esses resultados encontram-se na tabela 7.2. Com essas construções pode-se calcular o valor das recompensas para cada conjunto de estratégias adotadas. Precisamos, entretanto encontrar um valor para a constante 'a'. Para que a equação 6.8 sempre seja positiva tomou-se $a = 0,527 + 0,416$, ou seja, a soma dos valores de PAX considerando os dois cenários otimistas. Considerou-se também $a = 0,527 + 0,416 + 0,291 + 0,066$, para abranger a demanda das outras duas linhas aéreas. Assim, construiu-se a matriz da representação estratégica preenchida usando a função receita $f_{TAM} = (a - x_{TAM} - x_{GLO}) \times x_{TAM}$ para LATAM e $f_{GLO} = (a - x_{TAM} - x_{GLO}) \times x_{GLO}$ para GOL., considerando todas as combinações de estratégias.

Tabela 7.1: PAX - Passageiros/KM pagos para

| PAX - Passageiros/KM pagos transportados (10^9) | | | | | | | |
|---|-------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Meses | LATAM | | GOL | | Outras | | Indústria |
| | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX |
| Jul.2017 | 0,492 | 40,56% | 0,362 | 29,88% | 0,359 | 29,57% | 1,214 |
| Jun.2017 | 0,433 | 40,08% | 0,355 | 32,79% | 0,294 | 27,13% | 1,082 |
| Mai.2017 | 0,417 | 40,20% | 0,346 | 33,31% | 0,275 | 26,49% | 1,039 |
| Abr.2017 | 0,410 | 40,21% | 0,336 | 32,99% | 0,273 | 26,80% | 1,019 |
| Mar.2017 | 0,454 | 41,83% | 0,342 | 31,52% | 0,289 | 26,65% | 1,086 |
| Fev.2017 | 0,390 | 39,81% | 0,315 | 32,14% | 0,275 | 28,05% | 0,981 |
| Jan.2017 | 0,503 | 40,39% | 0,414 | 33,23% | 0,329 | 26,38% | 1,247 |
| Dez.2016 | 0,517 | 41,25% | 0,415 | 33,10% | 0,321 | 25,65% | 1,252 |
| Nov.2016 | 0,458 | 42,80% | 0,341 | 31,88% | 0,271 | 25,31% | 1,069 |
| Out.2016 | 0,455 | 42,34% | 0,346 | 32,26% | 0,273 | 25,40% | 1,074 |
| Set.2016 | 0,442 | 41,11% | 0,363 | 33,78% | 0,270 | 25,11% | 1,076 |
| Ago.2016 | 0,436 | 41,75% | 0,339 | 32,52% | 0,268 | 25,73% | 1,043 |
| Média | 0,451 | 41,03% | 0,356 | 32,45% | 0,291 | 26,52% | 1,099 |
| D-Padrão | 0,038 | 0,97% | 0,03 | 1,04% | 0,029 | 1,29% | 0,089 |

Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Ago.2016 a Jul. 2017).

<<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>

Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 7.2: Valor das variáveis PAX - para Latam e Gol - Ago.2016 a Jul.2017

| PAX (bilhões) para os diversos cenários | | |
|---|-------|-------|
| Estratégia/Empresa | LATAM | GOL |
| Pessimista | 0,375 | 0,296 |
| Conservador | 0,451 | 0,356 |
| Otimista | 0,527 | 0,416 |

Tabela 7.3: Matriz estratégia - LATAM e GOL - Ago.2016 a Jul.2017

| | | GLO | | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,296$ | $s_C^{GLO} = 0,356$ | $s_O^{GLO} = 0,416$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,375$ | (0,102 ;0,081) | (0,08 ;0,076) | (0,057 ;0,064) |
| | $s_C^{TAM} = 0,451$ | (0,089 ;0,059) | (0,062 ;0,049) | (0,035 ;0,032) |
| | $s_O^{TAM} = 0,527$ | (0,064 ;0,036) | (0,032 ;0,022) | (0 ;0) |

| | | GLO | | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,296$ | $s_C^{GLO} = 0,356$ | $s_O^{GLO} = 0,416$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,375$ | (0,236 ;0,187) | (0,214 ;0,203) | (0,191 ;0,212) |
| | $s_C^{TAM} = 0,451$ | (0,25 ;0,164) | (0,221 ;0,176) | (0,196 ;0,181) |
| | $s_O^{TAM} = 0,527$ | (0,252 ;0,142) | (0,22 ;0,149) | (0,197 ;0,148) |

Observando a figura 7.3, primeiramente, detecta-se quais estratégias são dominantes para cada um dos jogadores para os dois valores possíveis de a . Para $a = 0,943$ temos que a estratégia de venda s_O^{GLO} é estritamente dominada, pois seus *payoffs* são sempre menores independente da estratégia adotada pelo outro player. O mesmo temos para a estratégia s_P^{TAM} . Para $a = 1,3$ temos que a estratégia de venda s_P^{GLO} é estritamente dominada, pois seus *payoffs* são sempre menores independente da estratégia adotada pelo outro player. O mesmo temos para a estratégia s_P^{TAM} .

Eliminando as estratégias estritamente dominadas, obtem-se a tabela 7.4:

Tabela 7.4: Matriz estratégica - LATAM e GOL - Ago.2016 a Jul.2017 - Reduzida

| | | GOL | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,356$ | $s_C^{GLO} = 0,416$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,375$ | (0,102 ;0,081) | (0,08 ;0,076) |
| | $s_C^{TAM} = 0,451$ | (0,089 ;0,059) | (0,062 ;0,049) |

| | | GOL | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_C^{GLO} = 0,356$ | $s_O^{GLO} = 0,416$ |
| TAM | $s_C^{TAM} = 0,451$ | (0,221 ;0,176) | (0,196 ;0,181) |
| | $s_O^{TAM} = 0,527$ | (0,22 ;0,149) | (0,197 ;0,148) |

Aplicando-se novamente a lógica de estratégias estritamente dominantes chegamos aos seguintes resultados de equilíbrio:

- Para $a = 0,943$ temos que o equilíbrio ocorre para o perfil de estratégias $\{P, P\}$, ou seja, as duas companhias aéreas devem adotar estratégias de vendas pessimistas.
- Para $a = 1,3$ não conseguimos reduzir o sistema através de estratégias dominantes. Deve-se assim utilizar o equilíbrio de Nash para chegar a conclusão de que o perfil de estratégias do equilíbrio é $\{O, C\}$, ou seja, a TAM deve adotar uma estratégia Otimista e a GOL uma estratégia de continuidade.

Para determinar a solução do equilíbrio de Nash na representação estratégica da tabela 7.3, começa-se com uma das empresas e uma estratégia. Se a empresa TAM, para $a = 0,943$ por exemplo, escolhe a estratégia de continuidade de vendas $s_C^{TAM} = 0,451$ a melhor resposta que a GOL pode dar é escolher $s_P^{GLO} = 0,296$. Feito essa escolha, a TAM pode melhorar seus ganhos de adotar a $s_P^{TAM} = 0,375$. A partir de então, nenhuma empresa consegue melhorar seus *payoffs*, o que indica que o equilíbrio foi atingido. Dessa forma o perfil estratégico do equilíbrio ocorre para $\{P, P\}$.

Seguindo-se o mesmo fluxo para $a = 1,3$ encontra-se que o perfil de estratégias do equilíbrio é $\{O, C\}$.

Dessa forma, as duas maneiras de resolução dos jogos levou ao mesmo equilíbrio.

7.2.2 Agosto de 2017 a julho de 2018

A partir da tabela 7.5 podemos encontrar o valor da variável PAX para todos os cenários das duas empresas aéreas. Esses resultados encontram-se na tabela 7.6. Com essas construções pode-se calcular o valor das recompensas para cada conjunto de estratégias adotadas. Precisamos, entretanto encontrar um valor para a constante ' a '. Para que a equação 6.8 sempre seja positiva tomou-se $a = 0,587 + 0,495$, ou seja, a soma dos valores de PAX considerando os dois cenários otimistas. Considerou-se também $a = 0,587 + 0,495 + 0,336 + 0,118$, para abranger a demanda das outras duas linhas aéreas. Assim, construiu-se a matriz da representação estratégica preenchida usando a função

receita $f_{TAM} = (a - x_{TAM} - x_{GLO}) \times x_{TAM}$ para LATAM e $f_{GLO} = (a - x_{TAM} - x_{GLO}) \times x_{GLO}$ para GOL., considerando todas as combinações de estratégias.

Tabela 7.5: PAX - Passageiros/KM pagos para Latam e Gol - Ago.2017 a Jul.2018

| PAX - Passageiros/KM pagos transportados (10^9) | | | | | | | |
|---|-------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Meses | LATAM | | GOL | | Outras | | Indústria |
| | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX |
| Jul.2018 | 0,599 | 39,50% | 0,470 | 30,97% | 0,448 | 29,53% | 1,518 |
| Jun.2018 | 0,527 | 40,25% | 0,375 | 28,65% | 0,407 | 31,10% | 1,310 |
| Mai.2018 | 0,513 | 40,79% | 0,358 | 28,48% | 0,386 | 30,73% | 1,259 |
| Abr.2018 | 0,500 | 40,44% | 0,354 | 28,64% | 0,382 | 30,91% | 1,238 |
| Mar.2018 | 0,501 | 40,24% | 0,375 | 30,14% | 0,369 | 29,61% | 1,245 |
| Fev.2018 | 0,438 | 40,48% | 0,341 | 31,53% | 0,302 | 27,99% | 1,082 |
| Jan.2018 | 0,525 | 38,31% | 0,471 | 34,33% | 0,375 | 27,36% | 1,371 |
| Dez.2017 | 0,536 | 38,96% | 0,483 | 35,08% | 0,357 | 25,96% | 1,376 |
| Nov.2017 | 0,493 | 41,76% | 0,377 | 31,93% | 0,310 | 26,31% | 1,181 |
| Out.2017 | 0,489 | 41,65% | 0,371 | 31,56% | 0,315 | 26,80% | 1,175 |
| Set.2017 | 0,469 | 41,60% | 0,352 | 31,18% | 0,307 | 27,22% | 1,128 |
| Ago.2017 | 0,485 | 42,24% | 0,345 | 30,06% | 0,318 | 27,69% | 1,148 |
| Média | 0,507 | 40,52% | 0,389 | 31,05% | 0,356 | 28,44% | 1,252 |
| D-Padrão | 0,040 | 1,19% | 0,053 | 2,09% | 0,046 | 1,85% | 0,124 |

Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Ago.2017 a Jul. 2018).

<<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>

Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 7.6: Valor das variáveis PAX - para Latam e Gol - Ago.2017 a Jul.2018

| PAX (bilhões) para os diversos cenários | | |
|---|-------|-------|
| Estratégia/Empresa | LATAM | GOL |
| Pessimista | 0,427 | 0,283 |
| Conservador | 0,507 | 0,389 |
| Otimista | 0,587 | 0,495 |

Tabela 7.7: Matriz estratégia - LATAM e GOL - Ago.2017 a Jul.2018

| | | GLO | | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,283$ | $s_C^{GLO} = 0,389$ | $s_O^{GLO} = 0,495$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,427$ | (0,159 ;0,106) | (0,114 ;0,104) | (0,069 ;0,08) |
| | $s_C^{TAM} = 0,507$ | (0,149 ;0,083) | (0,095 ;0,073) | (0,041 ;0,04) |
| | $s_O^{TAM} = 0,587$ | (0,125 ;0,06) | (0,063 ;0,042) | (0 ;0) |

| | | GLO | | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,283$ | $s_C^{GLO} = 0,389$ | $s_O^{GLO} = 0,495$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,427$ | (0,353 ;0,234) | (0,308 ;0,281) | (0,263 ;0,304) |
| | $s_C^{TAM} = 0,507$ | (0,379 ;0,212) | (0,325 ;0,249) | (0,271 ;0,265) |
| | $s_O^{TAM} = 0,587$ | (0,391 ;0,189) | (0,329 ;0,218) | (0,266 ;0,224) |

- Para $a = 1,082$ temos que o equilíbrio ocorre para o perfil de estratégias $\{P, P\}$, ou seja, as duas companhias aéreas devem adotar estratégias de vendas pessimistas.
- Para $a = 1,536$ não conseguimos reduzir o sistema através de estratégias dominantes. Deve-se assim utilizar o equilíbrio de Nash para chegar a conclusão de que o perfil de estratégias do equilíbrio é $\{C, O\}$, ou seja, a TAM deve adotar uma estratégia de continuidade e a GOL uma estratégia otimista.

7.3 Competição duopolista de Cournot para Azul-Avianca

7.3.1 Agosto de 2016 a julho de 2017

A partir da tabela 7.8 podemos encontrar o valor da variável PAX para todos os cenários das duas empresas aéreas. Esses resultados encontram-se na tabela 7.9. Com essas construções pode-se calcular o valor das recompensas para cada conjunto de estratégias adotadas. Precisamos, entretanto encontrar um valor para a constante ' a '. Para que a equação 6.8 sempre seja positiva tomou-se $a = 0,291 + 0,066$, ou seja, a soma dos valores de PAX considerando os dois cenários otimistas. Considerou-se também $a = 0,527 + 0,416 + 0,291 + 0,066$, para abranger a demanda das outras duas linhas aéreas. Assim, construiu-se a matriz da representação estratégica preenchida usando a função receita $f_{AZU} = (a - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{TAM}$ para Azul e $f_{GLO} = (a - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{ONE}$ para Avianca., considerando todas as combinações de estratégias.

Tabela 7.8: PAX - Passageiros/KM pagos para Azul e Avianca - Ago.2016 a Jul.2017

| PAX - Passageiros/KM pagos transportados (10 ⁹) | | | | | | | |
|---|---------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Meses | Avianca | | Azul | | Outras | | Indústria |
| | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX |
| Jul.2017 | 0,298 | 24,53% | 0,058 | 4,70% | 0,859 | 70,77% | 1,214 |
| Jun.2017 | 0,231 | 21,34% | 0,059 | 5,43% | 0,793 | 73,23% | 1,082 |
| Mai.2017 | 0,211 | 20,27% | 0,062 | 5,87% | 0,768 | 73,86% | 1,039 |
| Abr.2017 | 0,209 | 20,47% | 0,062 | 5,99% | 0,75 | 73,54% | 1,019 |
| Mar.2017 | 0,227 | 20,86% | 0,058 | 5,33% | 0,802 | 73,81% | 1,086 |
| Fev.2017 | 0,221 | 22,49% | 0,05 | 5,07% | 0,711 | 72,44% | 0,981 |
| Jan.2017 | 0,265 | 21,24% | 0,059 | 4,67% | 0,925 | 74,09% | 1,247 |
| Dez.2016 | 0,26 | 20,73% | 0,056 | 4,45% | 0,938 | 74,82% | 1,252 |
| Nov.2016 | 0,214 | 19,96% | 0,052 | 4,82% | 0,805 | 75,22% | 1,069 |
| Out.2016 | 0,208 | 19,35% | 0,06 | 5,54% | 0,807 | 75,11% | 1,074 |
| Set.2016 | 0,204 | 18,94% | 0,061 | 5,65% | 0,812 | 75,41% | 1,076 |
| Ago.2016 | 0,201 | 19,23% | 0,063 | 5,99% | 0,781 | 74,78% | 1,043 |
| Média | 0,229 | 20,79% | 0,058 | 5,29% | 0,813 | 73,92% | 1,099 |
| D-Padrão | 0,031 | 1,55% | 0,004 | 0,54% | 0,067 | 1,34% | 0,089 |

Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Ago.2016 a Jul. 2017).

<<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>

Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 7.9: Valor das variáveis PAX - para Avianca e Azul - Ago.2016 a Jul.2017

| PAX (bilhões) para os diversos cenários | | |
|---|---------|-------|
| Estratégia/Empresa | Avianca | Azul |
| Pessimista | 0,167 | 0,050 |
| Conservador | 0,229 | 0,058 |
| Otimista | 0,291 | 0,066 |

Tabela 7.10: Matriz estratégia - Avianca e Azul - Ago.2016 a Jul.2017

| | | Azul | | |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{AZU} = 0,050$ | $s_C^{AZU} = 0,058$ | $s_O^{AZU} = 0,066$ |
| Avianca | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,024 ;0,007) | (0,023 ;0,008) | (0,021 ;0,009) |
| | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,018 ;0,004) | (0,017 ;0,005) | (0,015 ;0,005) |
| | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,005 ;0,001) | (0,003 ;0,001) | (0 ;0) |
| | | Azul | | |
| | | $s_P^{AZU} = 0,050$ | $s_C^{AZU} = 0,058$ | $s_O^{AZU} = 0,066$ |
| Avianca | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,181 ;0,055) | (0,18 ;0,063) | (0,179 ;0,071) |
| | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,234 ;0,052) | (0,232 ;0,059) | (0,231 ;0,067) |
| | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,28 ;0,048) | (0,277 ;0,056) | (0,274 ;0,062) |

- Para $a = 0,357$ temos que o equilíbrio ocorre para o perfil de estratégias $\{P, P\}$, ou seja, as duas companhias aéreas devem adotar estratégias de vendas pessimistas.
- Para $a = 1,3$ não conseguimos reduzir o sistema através de estratégias dominantes. Deve-se assim utilizar o equilíbrio de Nash para chegar a conclusão de que o perfil de estratégias do equilíbrio é $\{O, O\}$, ou seja, a Avianca deve adotar uma estratégia Otimista e a Azul também.

7.3.2 Agosto de 2017 a julho de 2018

A partir da tabela 7.11 podemos encontrar o valor da variável PAX para todos os cenários das duas empresas aéreas. Esses resultados encontram-se na tabela 7.12. Com essas construções pode-se calcular o valor das recompensas para cada conjunto de estratégias adotadas. Precisamos, entretanto encontrar um valor para a constante ' a '. Para que a equação 6.8 sempre seja positiva tomou-se $a = 0,336 + 0,118$, ou seja, a soma dos valores de PAX considerando os dois cenários otimistas. Considerou-se também $a = 0,587 + 0,495 + 0,336 + 0,118$, para abranger a demanda das outras duas linhas aéreas. Assim, construiu-se a matriz da representação estratégica preenchida usando a função receita $f_{AZU} = (a - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{TAM}$ para Azul e $f_{GLO} = (a - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{ONE}$ para Avianca., considerando todas as combinações de estratégias.

Tabela 7.11: PAX - Passageiros/KM pagos para Azul e Avianca - Ago.2017 a Jul.2018

| PAX - Passageiros/KM pagos transportados (10^9) | | | | | | | |
|---|---------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Meses | Avianca | | Azul | | Outras | | Indústria |
| | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX | Mkt share | PAX |
| Jul.2018 | 0,341 | 22,40% | 0,104 | 6,85% | 1,075 | 70,75% | 1,518 |
| Jun.2018 | 0,303 | 23,05% | 0,102 | 7,76% | 0,907 | 69,19% | 1,310 |
| Mai.2018 | 0,289 | 22,90% | 0,096 | 7,58% | 0,876 | 69,53% | 1,259 |
| Abr.2018 | 0,287 | 23,15% | 0,094 | 7,52% | 0,859 | 69,33% | 1,238 |
| Mar.2018 | 0,278 | 22,27% | 0,089 | 7,13% | 0,88 | 70,59% | 1,245 |
| Fev.2018 | 0,248 | 22,91% | 0,052 | 4,80% | 0,783 | 72,29% | 1,082 |
| Jan.2018 | 0,305 | 22,18% | 0,068 | 4,94% | 1,023 | 72,88% | 1,371 |
| Dez.2017 | 0,29 | 21,03% | 0,064 | 4,64% | 1,024 | 74,33% | 1,376 |
| Nov.2017 | 0,255 | 21,53% | 0,054 | 4,50% | 0,874 | 73,97% | 1,181 |
| Out.2017 | 0,267 | 22,66% | 0,045 | 3,81% | 0,865 | 73,53% | 1,175 |
| Set.2017 | 0,246 | 21,79% | 0,058 | 5,11% | 0,825 | 73,10% | 1,128 |
| Ago.2017 | 0,255 | 22,18% | 0,06 | 5,19% | 0,835 | 72,63% | 1,148 |
| Média | 0,28 | 22,34% | 0,074 | 5,82% | 0,900 | 71,84% | 1,252 |
| D-Padrão | 0,028 | 0,65% | 0,022 | 1,43% | 0,088 | 1,87% | 0,124 |

Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Ago.2017 a Jul. 2018).

<<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>

Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 7.12: Valor das variáveis PAX - para Avianca e Azul - Ago.2017 a Jul.2018

| PAX (bilhões) para os diversos cenários | | |
|---|---------|-------|
| Estratégia/Empresa | Avianca | Azul |
| Pessimista | 0,224 | 0,03 |
| Conservador | 0,28 | 0,074 |
| Otimista | 0,336 | 0,118 |

Tabela 7.13: Matriz estratégia - Avianca e Azul - Ago.2017 a Jul.2018

| | | Azul | | |
|---------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{AZU} = 0,03$ | $s_C^{AZU} = 0,074$ | $s_O^{AZU} = 0,118$ |
| Avianca | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,045 ;0,006) | (0,035 ;0,012) | (0,026 ;0,014) |
| | $s_C^{ONE} = 0,28$ | (0,041 ;0,005) | (0,028 ;0,008) | (0,016 ;0,007) |
| | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,03 ;0,003) | (0,015 ;0,004) | (0 ;0) |

| | | Azul | | |
|---------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | $s_P^{AZU} = 0,03$ | $s_C^{AZU} = 0,074$ | $s_O^{AZU} = 0,118$ |
| Avianca | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,288 ;0,039) | (0,278 ;0,092) | (0,268 ;0,141) |
| | $s_C^{ONE} = 0,28$ | (0,344 ;0,037) | (0,331 ;0,088) | (0,319 ;0,135) |
| | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,394 ;0,036) | (0,379 ;0,084) | (0,363 ;0,127) |

- Para $a = 0,454$ temos que o equilíbrio ocorre para o perfil de estratégias $\{P, P\}$, ou seja, as duas companhias aéreas devem adotar estratégias de vendas pessimistas.
- Para $a = 1,536$ não conseguimos reduzir o sistema através de estratégias dominantes. Deve-se assim utilizar o equilíbrio de Nash para chegar a conclusão de que o perfil de estratégias do equilíbrio é $\{O, O\}$, ou seja, a Avianca deve adotar uma estratégia Otimista e a Azul também.

7.4 Competição oligopolista entre Latam, Gol, Avianca e Azul

Depois de ter estudo alguns casos particulares de competições duopolistas, apresenta-se a análise construída para a competição entre os quatro players. A partir dessa última (complementada pelas feitas no tópicos **7.2** e **7.3**) serão apresentadas as conclusões finais do trabalho e as respostas as perguntas chave.

Novamente, segmentou-se o período analisada em dois: Ago.16 a Jul.17 e Ago.17 a Jul.18. A partir da tabela 7.14 fez-se todas as construções necessárias.

Tabela 7.14: PAX - Passageiros/KM pagos por companhia - Ago.2016 a Jul.2018

| PAX - Passageiros/KM pagos transportados (10 ⁹) | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------|
| Mês | LATAM | | GOL | | Avianca | | Azul | | Outras | | Indústria |
| | PAX | Share | PAX | Share | PAX | Share | PAX | Share | PAX | Share | PAX |
| Jul.18 | 0,599 | 39,50% | 0,470 | 30,97% | 0,341 | 22,40% | 0,104 | 6,85% | 0,004 | 0,28% | 1,518 |
| Jun.18 | 0,527 | 40,25% | 0,375 | 28,65% | 0,303 | 23,05% | 0,102 | 7,76% | 0,003 | 0,28% | 1,310 |
| Mai.18 | 0,513 | 40,79% | 0,358 | 28,48% | 0,289 | 22,90% | 0,096 | 7,58% | 0,003 | 0,26% | 1,259 |
| Abr.18 | 0,500 | 40,44% | 0,354 | 28,64% | 0,287 | 23,15% | 0,094 | 7,52% | 0,003 | 0,25% | 1,238 |
| Mar.18 | 0,501 | 40,24% | 0,375 | 30,14% | 0,278 | 22,27% | 0,089 | 7,13% | 0,002 | 0,21% | 1,245 |
| Fev.18 | 0,438 | 40,48% | 0,341 | 31,53% | 0,248 | 22,91% | 0,052 | 4,80% | 0,003 | 0,28% | 1,082 |
| Jan.18 | 0,525 | 38,31% | 0,471 | 34,33% | 0,305 | 22,18% | 0,068 | 4,94% | 0,003 | 0,25% | 1,371 |
| Dez.17 | 0,536 | 38,96% | 0,483 | 35,08% | 0,29 | 21,03% | 0,064 | 4,64% | 0,004 | 0,29% | 1,376 |
| Nov.17 | 0,493 | 41,76% | 0,377 | 31,93% | 0,255 | 21,53% | 0,054 | 4,50% | 0,003 | 0,28% | 1,181 |
| Out.17 | 0,489 | 41,65% | 0,371 | 31,56% | 0,267 | 22,66% | 0,045 | 3,81% | 0,003 | 0,33% | 1,175 |
| Set.17 | 0,469 | 41,60% | 0,352 | 31,18% | 0,246 | 21,79% | 0,058 | 5,11% | 0,003 | 0,32% | 1,128 |
| Ago.17 | 0,485 | 42,24% | 0,345 | 30,06% | 0,255 | 22,18% | 0,06 | 5,19% | 0,003 | 0,33% | 1,148 |
| Média | 0,507 | 40,52% | 0,389 | 31,05% | 0,28 | 22,34% | 0,074 | 5,82% | 0,004 | 0,28% | 1,252 |
| D-Padrão | 0,040 | 1,19% | 0,053 | 2,09% | 0,028 | 0,65% | 0,022 | 1,43% | 0,001 | 0,03% | 0,124 |
| Jul.17 | 0,492 | 40,56% | 0,362 | 29,88% | 0,298 | 24,53% | 0,058 | 4,70% | 0,004 | 0,36% | 1,214 |
| Jun.17 | 0,433 | 40,08% | 0,355 | 32,79% | 0,231 | 21,34% | 0,059 | 5,43% | 0,003 | 0,36% | 1,082 |
| Mai.17 | 0,417 | 40,20% | 0,346 | 33,31% | 0,211 | 20,27% | 0,062 | 5,87% | 0,003 | 0,35% | 1,039 |
| Abr.17 | 0,410 | 40,21% | 0,336 | 32,99% | 0,209 | 20,47% | 0,062 | 5,99% | 0,003 | 0,34% | 1,019 |
| Mar.17 | 0,454 | 41,83% | 0,342 | 31,52% | 0,227 | 20,86% | 0,058 | 5,33% | 0,005 | 0,46% | 1,086 |
| Fev.17 | 0,390 | 39,81% | 0,315 | 32,14% | 0,221 | 22,49% | 0,05 | 5,07% | 0,004 | 0,49% | 0,981 |
| Jan.17 | 0,503 | 40,39% | 0,414 | 33,23% | 0,265 | 21,24% | 0,059 | 4,67% | 0,005 | 0,47% | 1,247 |
| Dez.16 | 0,517 | 41,25% | 0,415 | 33,10% | 0,26 | 20,73% | 0,056 | 4,45% | 0,005 | 0,47% | 1,252 |
| Nov.16 | 0,458 | 42,80% | 0,341 | 31,88% | 0,214 | 19,96% | 0,052 | 4,82% | 0,005 | 0,53% | 1,069 |
| Out.16 | 0,455 | 42,34% | 0,346 | 32,26% | 0,208 | 19,35% | 0,06 | 5,54% | 0,005 | 0,51% | 1,074 |
| Set.16 | 0,442 | 41,11% | 0,363 | 33,78% | 0,204 | 18,94% | 0,061 | 5,65% | 0,005 | 0,52% | 1,076 |
| Ago.16 | 0,436 | 41,75% | 0,339 | 32,52% | 0,201 | 19,23% | 0,063 | 5,99% | 0,005 | 0,51% | 1,043 |
| Média | 0,451 | 41,03% | 0,356 | 32,45% | 0,229 | 20,79% | 0,058 | 5,29% | 0,005 | 0,45% | 1,098 |
| D-Padrão | 0,038 | 0,97% | 0,03 | 1,04% | 0,031 | 1,55% | 0,004 | 0,54% | 0,001 | 0,07% | 0,089 |

. Os períodos serão analisados separadamente nos tópicos **7.4.1.** e **7.4.2.**

7.4.1 Agosto de 2016 a julho de 2017

A tabela 7.15 resume o valor das variáveis PAX para todas as empresas em cada um dos cenários. A partir dela, pode-se calcular o valor das recompensas para cada conjunto de estratégias adotadas. Precisamos, entretanto encontrar um valor para a constante ' a '. Para que a equação 6.8 sempre seja positiva tomou-se $a = 0,527 + 0,416 + 0,291 + 0,066 = 1,3$, ou seja, a soma dos valores de PAX considerando os três cenários otimistas.

Tabela 7.15: Valor das variáveis PAX - para as companhias - Ago.2016 a Jul.2017

| PAX (bilhões) para os diversos cenários | | | | |
|---|-------|-------|---------|-------|
| Estratégia/Empresa | LATAM | GOL | Avianca | Azul |
| Pessimista | 0,375 | 0,296 | 0,167 | 0,050 |
| Conservador | 0,451 | 0,356 | 0,229 | 0,058 |
| Otimista | 0,527 | 0,416 | 0,291 | 0,066 |

Assim, construiu-se a matriz da representação estratégica preenchida usando a função receita $f_{TAM} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{TAM}$ para LATAM e $f_{GLO} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{GLO}$ para GOL, $f_{AZU} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{AZU}$ para Azul e $f_{ONE} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{ONE}$ para Avianca, considerando todas as combinações de estratégias. A tabela 8.1- Anexo A - apresenta a matriz estratégica para essa competição. A maneira correta de ler cada uma das células da matriz é:

- O primeiro elemento da quádrupla representa o payoff para a LATAM para a estratégia o conjunto de estratégias adotado;
- O segundo elemento da quádrupla representa o payoff para a GOL para a estratégia o conjunto de estratégias adotado;
- O terceiro elemento da quádrupla representa o payoff para a Avianca para a estratégia o conjunto de estratégias adotado;
- O quarto elemento da quádrupla representa o payoff para a Azul para a estratégia o conjunto de estratégias adotado;

Por exemplo, para o seguinte conjunto de estratégias: $s_p^{GLO}, s_p^{TAM}, s_p^{ONE}, s_p^{AZU}$, ou seja, todas as empresas adotando posições pessimistas, temos como resultado a quádrupla (0,155 ; 0,122 ; 0,069; 0,021), que pode ser lido da seguinte maneira:

- O payoff para LATAM no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,155;
- O payoff para GOL no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,122;

- O payoff para Avianca no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,069;
- O payoff para Azul no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,021;

Para encontrar o equilíbrio da competição apresentada, utilizou-se os dois métodos apresentados em 7.1. O passo a passo dessas resoluções se encontra no **Anexo A**. Percebe-se pelos métodos de solução que o equilíbrio é alcançado quando todos os players optam pela estratégia pessimista.

7.4.2 Agosto de 2017 a julho de 2018

A tabela 7.16 resume o valor das variáveis PAX para todas as empresas em cada um dos cenários. A partir dela, pode-se calcular o valor das recompensas para cada conjunto de estratégias adotadas. Precisamos, entretanto encontrar um valor para a constante 'a'. Para que a equação 6.8 sempre seja positiva tomou-se $a = 0,587 + 0,495 + 0,336 + 0,118 = 1,536$, ou seja, a soma dos valores de PAX considerando os três cenários otimistas.

Tabela 7.16: Valor das variáveis PAX - para as companhias - Ago.2017 a Jul.2018

| PAX (bilhões) para os diversos cenários | | | | |
|---|-------|-------|---------|-------|
| Estratégia/Empresa | LATAM | GOL | Avianca | Azul |
| Pessimista | 0,427 | 0,283 | 0,224 | 0,03 |
| Conservador | 0,507 | 0,389 | 0,28 | 0,074 |
| Otimista | 0,587 | 0,495 | 0,336 | 0,118 |

Assim, construiu-se a matriz da representação estratégica preenchida usando a função receita $f_{TAM} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{TAM}$ para LATAM e $f_{GLO} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{GLO}$ para GOL, $f_{AZU} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{AZU}$ para Azul e $f_{ONE} = (a - x_{TAM} - x_{GLO} - x_{AZU} - x_{ONE}) \times x_{ONE}$ para Avianca, considerando todas as combinações de estratégias. A tabela 8.2- Anexo B - apresenta a matriz estratégica para essa competição. A maneira correta de ler cada uma das células da matriz é idêntica a leitura da tabela 8.1 (apresentada em 7.4.1). Por exemplo, para o seguinte conjunto de estratégias: $s_p^{GLO}, s_p^{TAM}, s_p^{ONE}, s_p^{AZU}$, ou seja, todas as

empresas adotando posições pessimistas, temos como resultado a quádrupla $(0,244 ; 0,162 ; 0,128 ; 0,017)$, que pode ser lido da seguinte maneira:

- O payoff para LATAM no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,244;
- O payoff para GOL no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,162;
- O payoff para Avianca no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,128;
- O payoff para Azul no caso no qual todas as empresas adotam posturas pessimistas (P) é 0,017;

Para encontrar o equilíbrio da competição apresentada, utilizou-se os dois métodos apresentados em **7.1**. O passo a passo dessas resoluções se encontra no **Anexo B**. Percebe-se pelos métodos de solução que o equilíbrio é alcançado quando todos os players optam pela estratégia pessimista.

Capítulo 8

Conclusão

Teoria dos jogos é uma abordagem que observa o comportamento dos decisores em momentos de escolhas estratégicas num mercado, decision-makers. Uma das características do mercado analisado é exatamente a competição entre as empresas. As situações reais não trazem com elas livros e manuais explicativos, nem, tão pouco, possuem regras claras, que sintetizam todas as informações relevantes para sua análise. Assim, é muito importante, que teóricos e estudiosos dessa área (transporte aéreo) procurem instrumentos corretos para especificar situações de tomada de decisões estratégicas que envolvem players interagindo em ambientes competitivos e tenham a sensibilidade necessária para criar modelos compatíveis com o mundo real.

Este trabalho apresentou uma ferramenta que pode auxiliar o estudo da competição, mais especificamente da competição oligopolista, analisando o comportamento estratégico e suas consequências para quatro companhias aéreas. Após a introdução das formalidades e refinamentos da teoria dos jogos não-cooperativos, isto é, das distintas formas de representar e solucionar tais jogos competitivos, aplicou-se o instrumental aos regimes de competição duopolistas citados. Apresentou-se as soluções de equilíbrio em escolhas estratégicas de quanto vender em várias situações, obtidas pelos métodos de sucessiva dominância e Equilíbrio de Nash.

Os resultados são separados em dois grupos de análise:

1. Competições duopolistas entre Latam e Gol e entre Azul e Avianca

2. Competição oligopolista entre as quatro empresas.

Os principais resultados para o primeiro grupo de análises mostraram que no jogo não-cooperativo de Cournot, caracterizador de uma estrutura duopolista competitiva, as estratégias de vendas de PAX no mercado brasileiro de linhas domésticas apontaram para as seguintes estratégias:

LATAM e GOL: Perfil $\{P, P\}$ para os dois períodos quando desconsiderado a demanda das outras duas empresas. Ou seja, se considerarmos uma competição pura entre LATAM e GOL as duas devem assumir posturas defensivas. O interessante é que ao considerar a demanda das outras duas empresas temos dois perfis de estratégia, $\{O, C\}$ para o primeiro período e $\{C, O\}$ para o segundo período. Dessa forma não fica muito claro qual seria o melhor perfil a ser adotado, evidencia-se aqui a necessidade de outras ferramentas de análise. Como as duas empresas são maiores, com marcas mais fortes, entende-se que para ganharem mercado precisam despende um investimento e energia maiores que a Azul e Avianca.

Azul e Avianca: Perfil $\{P, P\}$ para os dois períodos quando desconsiderado a demanda das outras duas empresas. Ou seja, se considerarmos uma competição pura entre Azul e Avianca as duas devem assumir posturas defensivas. Entretanto, quando consideramos a demanda das outras duas empresas temos um perfil $\{O, O\}$ para os dois períodos. O que faz sentido pois se possuem espaço para crescimento ambas devem buscá-lo. Como as duas empresas são menores, com marcas menos significativas, porém em expansão, entende-se que para ganharem mercado precisam despende um investimento e energia menores que a Latam e Gol.

Já para o segundo grupo de análises os resultados foram mais homogêneos: no jogo não-cooperativo de Cournot, as estratégias de vendas de PAX no mercado brasileiro de linhas domésticas apontaram para um conjectura defensiva de todas as empresas, nos dois períodos. Ou seja, no equilíbrio competitivo de Cournot, a estratégia pessimista de vendas, para ambas as empresas, é a que resultou em maiores payoffs (receitas).

Com isso conseguimos atingir os objetivos, principais e intermediários do trabalho. Estudamos a interdependência entre as empresas aéreas no capítulo 7. Verificamos que o

equilíbrio dos jogos não foi atingido em nenhum dos estudos (não obtivemos nenhum resultado de equilíbrio com perfil de estratégias $\{P, P, P, P\}$). E entendemos quais as melhores estratégias a serem adotadas pelas empresas.

Anexo A - Equilíbrio para competição (Ago.16 a Jul.17)

Matriz estratégica

Tabela 8.1: Matriz estratégica - Ago.16 a Jul.17

| | | GOL | | | |
|-----|---------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,296$ | | | |
| | | Avianca/Azul | $s_P^{AZU} = 0,050$ | $s_C^{AZU} = 0,058$ | $s_O^{AZU} = 0,066$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,375$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,155;0,122 ;0,069;0,021) | (0,152;0,12 ;0,067 ;0,02) | (0,149;0,117 ;0,066 ;0,02) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,131;0,104 ;0,058 ;0,018) | (0,128;0,101 ;0,057 ;0,017) | (0,125;0,099 ;0,056 ;0,017) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,108;0,085 ;0,048 ;0,014) | (0,105;0,083 ;0,047 ;0,014) | (0,102;0,081 ;0,045 ;0,014) |
| | $s_C^{TAM} = 0,451$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,152;0,12 ;0,077 ;0,019) | (0,148;0,117 ;0,075 ;0,019) | (0,144;0,114 ;0,073 ;0,019) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,124;0,098 ;0,063 ;0,016) | (0,12;0,095 ;0,061 ;0,015) | (0,116;0,092 ;0,059 ;0,015) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,096;0,075 ;0,049 ;0,012) | (0,092;0,073 ;0,047 ;0,012) | (0,088;0,07 ;0,045 ;0,011) |
| | $s_O^{TAM} = 0,527$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,137;0,108 ;0,076 ;0,017) | (0,133;0,105 ;0,073 ;0,017) | (0,129;0,102 ;0,071 ;0,016) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,104;0,082 ;0,058 ;0,013) | (0,1;0,079 ;0,055 ;0,013) | (0,096;0,076 ;0,053 ;0,012) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,072;0,057 ;0,04 ;0,009) | (0,067;0,053 ;0,037 ;0,008) | (0,063;0,05 ;0,035 ;0,008) |

| | | GOL | | | |
|-----|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | $s_C^{GLO} = 0,356$ | | | |
| | | Avianca/Azul | $s_P^{AZU} = 0,050$ | $s_C^{AZU} = 0,058$ | $s_O^{AZU} = 0,066$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,375$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,132 ;0,104 ;0,059 ;0,018) | (0,129 ;0,102 ;0,057 ;0,017) | (0,126 ;0,099 ;0,056 ;0,017) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,109 ;0,086 ;0,048 ;0,015) | (0,106 ;0,083 ;0,047 ;0,014) | (0,103 ;0,081 ;0,046 ;0,014) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,086 ;0,067 ;0,038 ;0,011) | (0,083 ;0,065 ;0,037 ;0,011) | (0,08 ;0,063 ;0,035 ;0,011) |
| | $s_C^{TAM} = 0,451$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,124 ;0,098 ;0,063 ;0,016) | (0,121 ;0,095 ;0,061 ;0,016) | (0,117 ;0,093 ;0,06 ;0,015) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,097 ;0,076 ;0,049 ;0,012) | (0,093 ;0,073 ;0,047 ;0,012) | (0,089 ;0,07 ;0,045 ;0,011) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,069 ;0,054 ;0,035 ;0,009) | (0,065 ;0,051 ;0,033 ;0,008) | (0,061 ;0,048 ;0,031 ;0,008) |
| | $s_O^{TAM} = 0,527$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,105 ;0,083 ;0,058 ;0,013) | (0,101 ;0,08 ;0,056 ;0,013) | (0,097 ;0,077 ;0,054 ;0,012) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,073 ;0,057 ;0,04 ;0,009) | (0,069 ;0,054 ;0,038 ;0,009) | (0,064 ;0,051 ;0,036 ;0,008) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,04 ;0,032 ;0,022 ;0,005) | (0,036 ;0,028 ;0,02 ;0,004) | (0,032 ;0,025 ;0,017 ;0,004) |

| | | GOL | | | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | $s_O^{GLO} = 0,416$ | | | |
| | | Avianca/Azul | $s_P^{AZU} = 0,050$ | $s_C^{AZU} = 0,058$ | $s_O^{AZU} = 0,066$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,375$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,11 ; 0,086 ; 0,049 ; 0,015) | (0,107 ; 0,084 ; 0,047 ; 0,014) | (0,104 ; 0,082 ; 0,046 ; 0,014) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,086 ; 0,068 ; 0,038 ; 0,012) | (0,083 ; 0,066 ; 0,037 ; 0,011) | (0,08 ; 0,063 ; 0,036 ; 0,011) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,063 ; 0,05 ; 0,028 ; 0,008) | (0,06 ; 0,047 ; 0,027 ; 0,008) | (0,057 ; 0,045 ; 0,025 ; 0,008) |
| | $s_C^{TAM} = 0,451$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,097 ; 0,077 ; 0,049 ; 0,013) | (0,094 ; 0,074 ; 0,048 ; 0,012) | (0,09 ; 0,071 ; 0,046 ; 0,012) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,069 ; 0,055 ; 0,035 ; 0,009) | (0,066 ; 0,052 ; 0,033 ; 0,008) | (0,062 ; 0,049 ; 0,032 ; 0,008) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,041 ; 0,033 ; 0,021 ; 0,005) | (0,038 ; 0,03 ; 0,019 ; 0,005) | (0,034 ; 0,027 ; 0,017 ; 0,004) |
| | $s_O^{TAM} = 0,527$ | $s_P^{ONE} = 0,167$ | (0,074 ; 0,058 ; 0,041 ; 0,009) | (0,07 ; 0,055 ; 0,038 ; 0,009) | (0,065 ; 0,052 ; 0,036 ; 0,008) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,229$ | (0,041 ; 0,032 ; 0,023 ; 0,005) | (0,037 ; 0,029 ; 0,02 ; 0,005) | (0,033 ; 0,026 ; 0,018 ; 0,004) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,291$ | (0,008 ; 0,007 ; 0,005 ; 0,001) | (0,004 ; 0,003 ; 0,002 ; 0,001) | (0 ; 0 ; 0 ; 0) |

Resolução por sucessiva dominância

Deve-se, inicialmente, identificar qual estratégia é estritamente dominada para cada um dos players. Para isso, pode-se utilizar a seguinte sequência:

1. Escolhe-se o player que será avaliado;
2. Para cada uma das 27 combinações de estratégias dos outros 3 players marca-se a estratégia que gera o pior payoff para o player avaliado;
3. Caso todas as marcações possam ser feitas para uma mesma estratégia temos que a mesma será estritamente dominada. (Em caso de empate marca-se a estratégia mais marcada até o momento).
4. Caso a etapa 3 não seja possível, o método da sucessiva dominância não poderá ser aplicado.
5. Repete-se as etapas 1,2 e 3 avaliando todos os players;
6. Elimina-se todas as estratégias estritamente dominadas;

7. Repete-se o procedimento até restar apenas um conjunto de estratégias.

Para ilustrar esse procedimento fez-se um exemplo escolhendo a LATAM para começo de análise. Para encontrar qual é a pior estratégia para cada uma das 27 combinações dos outros três players, pintou-se, na tabela 8.1, da mesma cor os três resultados que devem ser comparados para cada combinação. Por exemplo, de azul temos as três possibilidades de payoffs mantendo-se fixo as escolhas pessimistas para GOL, Azul e Avianca, alterando-se apenas a estratégia adotada pela LATAM:

- Caso a LATAM adota a estratégia pessimista: $(\mathbf{0,155};0,122 ;0,069;0,021)$
- Caso a LATAM adote a estratégia de continuidade: $(\mathbf{0,152};0,12 ;0,077 ;0,019)$
- Caso a LATAM adote a estratégia otimista: $(\mathbf{0,137};0,108 ;0,076 ;0,017)$

Para esse caso a estratégia com pior payoff é a otimista. Repetindo essa análise para as outras 26 combinações, percebe-se que a estratégia estritamente dominada para o caso da LATAM é a otimista.

Deve-se repetir essa análise para os outros três players. Convida-se o leitor a realizar essa análise e perceber que a estratégia otimista é estritamente dominada para todos os players. Dessa forma, elimina-se essa opção para todos e faz-se uma segunda rodada de avaliações. Repetindo-se até sobrar apenas um conjunto de estratégias tem-se que como resultado a seguinte perfil de estratégias (P, P, P, P) , ou seja, o equilíbrio é atingido com todas as empresas optando pela estratégia pessimista, com os seguintes payoffs: $(0,155;0,122 ;0,069;0,021)$.

Resolução por Equilíbrio de Nash

Para encontrar o equilíbrio de Nash procedeu-se da seguinte maneira:

1. Escolhe-se um player A para começar a análise e um sentido cíclico de fluxo (A seguido de B seguido de C seguido de D e seguido por A)
2. Fixa a estratégia adotada para os outros três concorrentes, B, C e D de maneira aleatória;

3. Escolhe-se a melhor estratégia que o player analisado pode tomar tendo fixas as estratégias dos outros três e torna-se essa estratégia fixa;
4. Passa-se para o player B, deixando fixa as estratégias dos demais (pois acabou de se fixar a estratégia adotada por A e as de C e D já estavam fixas);
5. Caso seja possível melhorar o payoff do player escolhido em 4, repete-se a etapa 3 e 4 (respeitando-se o ciclo adotado na etapa 1);
6. Caso não seja possível melhorar o payoff do player escolhido em 4, encerra-se e o perfil de estratégias do equilíbrio foi encontrado.

Aplicando no caso em estudo:

Considerando o seguinte fluxo cíclico: LATAM \rightarrow GOL \rightarrow Avianca \rightarrow Azul e adotando estratégias otimistas para GOL, Avianca e Azul temos a seguinte sequência de perfis estratégicos:

$(P, O, O, O) \rightarrow (P, P, O, O) \rightarrow (P, P, P, O) \rightarrow (P, P, P, P)$. Sendo esse último equivalente ao equilíbrio, resultando nos seguintes payoffs: $(0,155;0,122 ;0,069;0,021)$.

Começando, para testar o método, adotando estratégia de continuidade para GOL e Avianca e estratégia otimista para Azul:

$(P, C, C, O) \rightarrow (P, P, C, O) \rightarrow (P, P, P, O) \rightarrow (P, P, P, P)$, resultando no mesmo final.

Anexo B - Equilíbrio para competição (Ago.17 a Jul.18)

Matriz estratégica

Tabela 8.2: Matriz estratégica - Ago.17 a Jul.18

| | | GOL | | | |
|-----|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | $s_P^{GLO} = 0,296$ | | | |
| | | Avianca/Azul | $s_P^{AZU} = 0,030$ | $s_C^{AZU} = 0,074$ | $s_O^{AZU} = 0,118$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,427$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,244 ;0,162 ;0,128 ;0,017) | (0,225 ;0,149 ;0,118 ;0,016) | (0,207 ;0,137 ;0,108 ;0,015) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,22 ;0,146 ;0,116 ;0,015) | (0,202 ;0,134 ;0,106 ;0,014) | (0,183 ;0,121 ;0,096 ;0,013) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,196 ;0,13 ;0,103 ;0,014) | (0,178 ;0,118 ;0,093 ;0,012) | (0,159 ;0,105 ;0,083 ;0,011) |
| | $s_C^{TAM} = 0,507$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,249 ;0,191 ;0,138 ;0,036) | (0,227 ;0,174 ;0,125 ;0,033) | (0,205 ;0,157 ;0,113 ;0,03) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,221 ;0,17 ;0,122 ;0,032) | (0,199 ;0,152 ;0,11 ;0,029) | (0,176 ;0,135 ;0,097 ;0,026) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,193 ;0,148 ;0,106 ;0,028) | (0,17 ;0,131 ;0,094 ;0,025) | (0,148 ;0,114 ;0,082 ;0,022) |
| | $s_O^{TAM} = 0,587$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,242 ;0,204 ;0,138 ;0,049) | (0,216 ;0,182 ;0,124 ;0,043) | (0,19 ;0,16 ;0,109 ;0,038) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,209 ;0,176 ;0,12 ;0,042) | (0,183 ;0,154 ;0,105 ;0,037) | (0,157 ;0,133 ;0,09 ;0,032) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,176 ;0,149 ;0,101 ;0,035) | (0,15 ;0,127 ;0,086 ;0,03) | (0,124 ;0,105 ;0,071 ;0,025) |

| | | GOL | | | |
|-----|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | $s_C^{GLO} = 0,356$ | | | |
| | | Avianca/Azul | $s_P^{AZU} = 0,030$ | $s_C^{AZU} = 0,074$ | $s_O^{AZU} = 0,118$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,427$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,199 ;0,132 ;0,104 ;0,014) | (0,18 ;0,119 ;0,095 ;0,013) | (0,161 ;0,107 ;0,085 ;0,011) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,175 ;0,116 ;0,092 ;0,012) | (0,156 ;0,104 ;0,082 ;0,011) | (0,137 ;0,091 ;0,072 ;0,01) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,151 ;0,1 ;0,079 ;0,011) | (0,132 ;0,088 ;0,069 ;0,009) | (0,114 ;0,075 ;0,06 ;0,008) |
| | $s_C^{TAM} = 0,507$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,196 ;0,15 ;0,108 ;0,029) | (0,173 ;0,133 ;0,096 ;0,025) | (0,151 ;0,116 ;0,083 ;0,022) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,167 ;0,128 ;0,092 ;0,024) | (0,145 ;0,111 ;0,08 ;0,021) | (0,123 ;0,094 ;0,068 ;0,018) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,139 ;0,107 ;0,077 ;0,02) | (0,117 ;0,089 ;0,064 ;0,017) | (0,094 ;0,072 ;0,052 ;0,014) |
| | $s_O^{TAM} = 0,587$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,18 ;0,151 ;0,103 ;0,036) | (0,154 ;0,13 ;0,088 ;0,031) | (0,128 ;0,108 ;0,073 ;0,026) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,147 ;0,124 ;0,084 ;0,03) | (0,121 ;0,102 ;0,069 ;0,024) | (0,095 ;0,08 ;0,054 ;0,019) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,114 ;0,096 ;0,065 ;0,023) | (0,088 ;0,074 ;0,05 ;0,018) | (0,062 ;0,052 ;0,036 ;0,013) |

| | | GOL | | | |
|-----|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | $s_O^{GLO} = 0,416$ | | | |
| | | Avianca/Azul | $s_P^{AZU} = 0,030$ | $s_C^{AZU} = 0,074$ | $s_O^{AZU} = 0,118$ |
| TAM | $s_P^{TAM} = 0,427$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,154 ;0,102 ;0,081 ;0,011) | (0,135 ;0,089 ;0,071 ;0,009) | (0,116 ;0,077 ;0,061 ;0,008) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,13 ;0,086 ;0,068 ;0,009) | (0,111 ;0,074 ;0,058 ;0,008) | (0,092 ;0,061 ;0,048 ;0,006) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,106 ;0,07 ;0,056 ;0,007) | (0,087 ;0,058 ;0,046 ;0,006) | (0,068 ;0,045 ;0,036 ;0,005) |
| | $s_C^{TAM} = 0,507$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,142 ;0,109 ;0,078 ;0,021) | (0,12 ;0,092 ;0,066 ;0,017) | (0,097 ;0,075 ;0,054 ;0,014) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,114 ;0,087 ;0,063 ;0,017) | (0,091 ;0,07 ;0,05 ;0,013) | (0,069 ;0,053 ;0,038 ;0,01) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,085 ;0,065 ;0,047 ;0,012) | (0,063 ;0,048 ;0,035 ;0,009) | (0,041 ;0,031 ;0,022 ;0,006) |
| | $s_O^{TAM} = 0,587$ | $s_P^{ONE} = 0,224$ | (0,117 ;0,099 ;0,067 ;0,024) | (0,092 ;0,077 ;0,052 ;0,018) | (0,066 ;0,055 ;0,038 ;0,013) |
| | | $s_C^{ONE} = 0,280$ | (0,085 ;0,071 ;0,048 ;0,017) | (0,059 ;0,05 ;0,034 ;0,012) | (0,033 ;0,028 ;0,019 ;0,007) |
| | | $s_O^{ONE} = 0,336$ | (0,052 ;0,044 ;0,03 ;0,01) | (0,026 ;0,022 ;0,015 ;0,005) | (0 ;0 ;0 ;0) |

Resolução por sucessiva dominância

Deve-se, inicialmente, identificar qual estratégia é estritamente dominada para cada um dos players. Para isso, pode-se utilizar a seguinte sequência:

1. Escolhe-se o player que será avaliado;
2. Para cada uma das 27 combinações de estratégias dos outros 3 players marca-se a estratégia que gera o pior payoff para o player avaliado;
3. Caso todas as marcações possam ser feitas para uma mesma estratégia temos que a mesma será estritamente dominada. (Em caso de empate marca-se a estratégia mais marcada até o momento).
4. Caso a etapa 3 não seja possível, o método da sucessiva dominância não poderá ser aplicado.
5. Repete-se as etapas 1,2 e 3 avaliando todos os players;
6. Elimina-se todas as estratégias estritamente dominadas;
7. Repete-se o procedimento até restar apenas um conjunto de estratégias.

Para ilustrar esse procedimento fez-se um exemplo escolhendo a Azul para começo de análise. Para encontrar qual é a pior estratégia para cada uma das 27 combinações dos outros três players, pintou-se, na tabela 8.2, da mesma cor os três resultados que devem ser comparados para cada combinação. Por exemplo, de **vermelho** temos as três possibilidade de payoffs mantendo-se fixo as escolhas pessimistas para LATAM, GOL e Avianca, alterando-se apenas a estratégia adotada pela Azul:

- Caso a Azul adota a estratégia pessimista: (0,18 ;0,151 ;0,103 ;**0,036**)
- Caso a Azul adote a estratégia de continuidade: (0,154 ;0,13 ;0,088 ;**0,031**)
- Caso a Azul adote a estratégia otimista: (0,128 ;0,108 ;0,073 ;**0,026**)

Para esse caso a estratégia com pior payoff é a otimista. Repetindo essa análise para as outras 26 combinações, percebe-se que a estratégia estritamente dominada para o caso da Azul é a otimista.

Deve-se repetir essa análise para os outros três players. Convida-se o leitor a realizar essa análise e perceber que a estratégia otimista é estritamente dominada para todos os players. Dessa forma, elimina-se essa opção para todos e faz-se uma segunda rodada de avaliações. Repetindo-se até sobrar apenas um conjunto de estratégias tem-se que como resultado a seguinte perfil de estratégias (P, P, P, P) , ou seja, o equilíbrio é atingido com todas as empresas optando pela estratégia pessimista.

Resolução por Equilíbrio de Nash

Para encontrar o equilíbrio de Nash procedeu-se da seguinte maneira:

1. Escolhe-se um player A para começar a análise e um sentido cíclico de fluxo (A seguido de B seguido de C seguido de D e seguido por A)
2. Fixa a estratégia adotada para os outros três concorrentes, B, C e D de maneira aleatória;
3. Escolhe-se a melhor estratégia que o player analisado pode tomar tendo fixas as estratégias dos outros três e torna-se essa estratégia fixa;
4. Passa-se para o player B, deixando fixa as estratégias dos demais (pois acabou de se fixar a estratégia adotada por A e as de C e D já estavam fixas);
5. Caso seja possível melhorar o payoff do player escolhido em 4, repete-se a etapa 3 e 4 (respeitando-se o ciclo adotado na etapa 1);
6. Caso não seja possível melhorar o payoff do player escolhido em 4, encerra-se e o perfil de estratégias do equilíbrio foi encontrado.

Aplicando no caso em estudo:

Considerando o seguinte fluxo cíclico: LATAM \rightarrow GOL \rightarrow Avianca \rightarrow Azul e adotando estratégias otimistas para GOL, Avianca e Azul temos a seguinte sequência de perfis estratégicos:

$(P, O, O, O) \rightarrow (P, P, O, O) \rightarrow (P, P, P, O) \rightarrow (P, P, P, P)$. Sendo esse último equivalente ao equilíbrio, resultando nos seguintes payoffs: $(0,244;0,162 ;0,128;0,017)$.

Começando, para testar o método, adotando estratégia otimista para GOL e Avianca e estratégica de continuidade para Azul:

$(P, O, O, C) \rightarrow (P, P, O, C) \rightarrow (P, P, P, C) \rightarrow (P, P, P, P)$, resultando no mesmo final.

Anexo C - Matriz de correlação

Correlação para Ago.16 a Jul.17 - MKT

Tabela 8.3: Correlação para Ago.16 a Jul.17

| | TAM | GLO | ONE | AZU |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| TAM | 1 | -0,352247611 | -0,345457004 | -0,173228426 |
| GLO | -0,352247611 | 1 | -0,713310046 | 0,327325215 |
| ONE | -0,345457004 | -0,713310046 | 1 | -0,466466219 |
| AZU | -0,173228426 | 0,327325215 | -0,466466219 | 1 |

Calculando o valor da correção de acordo com a 6.4 temos $R^2 = 0,9998$ denotando alta correlação entre as variáveis MKT share.

Correlação para Ago.17 a Jul.18 - MKT

Tabela 8.4: Correlação para Ago.17 a Jul.18

| | TAM | GLO | ONE | AZU |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| TAM | 1 | -0,464296968 | 0,135626932 | -0,140271822 |
| GLO | -0,464296968 | 1 | -0,760162461 | -0,776057492 |
| ONE | 0,135626932 | -0,760162461 | 1 | 0,560644827 |
| AZU | -0,140271822 | -0,776057492 | 0,560644827 | 1 |

Calculando o valor da correção de acordo com a 6.4 temos $R^2 = 0,9992$ denotando alta correlação entre as variáveis MKT share.

Referências Bibliográficas

- [1] A Amaro, C Silvestre, and L Fernandes. Estatística descritiva-o segredo dos dados, 1a edição. Technical report, ISBN 978-1-4452-6376-2, 2009.
- [2] ANAC. Dados e estatísticas - demanda e oferta do transporte aéreo - <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/demanda-e-oferta-do-transporte-aereo>, 2018. [Online; accessed 29-maio-2018].
- [3] ANAC. Dados e estatísticas - estatísticas gerais - <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>, 2018. [Online; accessed 29-maio-2018].
- [4] ANAC. Dados e estatísticas - mercado do transporte aéreo- <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo>, 2018. [Online; accessed 29-maio-2018].
- [5] H. Scott Bierman. *Teoria dos jogos*. Pearson, 2011.
- [6] Alpha C Chiang. *Fundamental methods of mathematical economics*. 1984.
- [7] Augusto Marcos Carvalho de Sena. O duopólio das empresas aéreas brasileiras tam e gol: uma aplicação da teoria dos jogos á competiÕão oligopolista estratégica. *RAC-Eletrônica*, 2(3), 2008.
- [8] Arlindo Alegre Donário and Ricardo Borges dos Santos. *A estrutura do mercado: a concorrência perfeita e a concorrência imperfeita. a teoria dos jogos e a estratégia*. 2016.

- [9] Josué Catharino Ferreira. Um breve histórico da aviação comercial brasileira. In *XII Congresso Brasileiro de História Econômica. 13th Conferência Internacional de História de Empresas. Niterói: Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica*, 2017.
- [10] Ronaldo Fiani. *Teoria dos jogos*. Elsevier Brasil, 2006.
- [11] Shaun Hargreaves. *Game theory - A critical Introduction*. Routledge, 2003.
- [12] Benjamin F Hobbs and Jong-Shi Pang. Nash-cournot equilibria in electric power markets with piecewise linear demand functions and joint constraints. *Operations Research*, 55(1):113–127, 2007.
- [13] Oleg Kapliński and Jolanta Tamošaitiene. Game theory applications in construction engineering and management. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2):348–363, 2010.
- [14] David M Kreps. A course in microeconomic theory. 1990. *Harvester Wheatsheaf*.
- [15] Christopher R Leslie. Antitrust amnesty, game theory, and cartel stability. *J. Corp. L.*, 31:453, 2005.
- [16] Takao Ohkawa and Makoto Okamura. On the uniqueness of the welfare–maximizing number of firms under cournot oligopoly. *Bulletin of Economic Research*, 55(2):209–222, 2003.
- [17] Alessandro Oliveira. *Transporte aéreo: economia e políticas públicas*. Pezco Editora & Desenvolvimento, 2009.
- [18] Simon Parsons and Michael Wooldridge. Game theory and decision theory in multi-agent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 5(3):243–254, 2002.
- [19] Sérgio Henrique Paiva de Souza Ramos. *Entrando em um novo mercado: estudo do Caso Gol utilizando-se Opções Reais e Teoria dos Jogos*. PhD thesis, 2007.

- [20] Vitor Filincowsky Ribeiro. Decisão colaborativa com utilização de teoria dos jogos para o sequenciamento de partidas em aeroportos. 2013.
- [21] Antonio Carlos Aidar Sauaia and David Kallás. O dilema cooperação-competição em mercados concorrenciais: o conflito do oligopólio tratado em um jogo de empresas. *Revista de Administração Contemporânea*, 11(SPE1):77–101, 2007.
- [22] Luciana Teixeira, Mac Dowell, Maria Cristina, and Maurício Bugarin. Consórcios intermunicipais de saúde: uma análise à luz da teoria dos jogos. *Revista Brasileira de Economia*, 57(1):253–281, 2003.
- [23] Jeffrey M Wooldridge. *Introductory econometrics: A modern approach*. Nelson Education, 2015.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

| | | | |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|
| 1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC | 2. DATA 06 de novembro de 2018 | 3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-027/2018 | 4. N° DE PÁGINAS 81 |
| 5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Oligopólio das empresas aéreas brasileiras: um estudo da competição estratégica com auxílio da teoria dos jogos. | | | |
| 6. AUTOR(ES): Lucas Castro de Sá Sampaio | | | |
| 7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA | | | |
| 8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Teoria dos jogos, Equilíbrio, Interação, Competição, Mercado aéreo. | | | |
| 9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Teoria dos jogos; Competição; Equilíbrio; Estudos de mercado; Aeronáutica; Matemática. | | | |
| 10. APRESENTAÇÃO: <div style="text-align: right;">X Nacional Internacional</div> ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil Aeronáutica. Orientador: Prof. Marcelo Xavier Guterres. Publicado em 2018. | | | |
| 11. RESUMO: O presente trabalho buscou através dos conceitos e técnicas desenvolvidas dentro da teoria dos jogos estudar a interação e competição entre as quatro grandes empresas aéreas brasileiras. O objetivo era inferir como cada uma se posiciona, como a competição avançou nos últimos anos e quais os equilíbrios esperados. O modelo estruturado para a análise foi de oligopólio e trabalhou-se apenas com voos regulares e domésticos do aeroporto de Guarulhos. Analisou-se dois períodos, agosto de 2016 a julho de 2017 e agosto de 2017 a julho de 2018. Através da criação de cenários estatísticos, dos métodos de Nash e da sucessiva dominância encontrou-se o equilíbrio para os diversos jogos estudados. Um conjunto de estratégias prevaleceu nos estudos, aquele no qual todas as empresas adotam posturas defensivas. | | | |
| 12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO | | | |