

DUOLPÓLIO DAS EMPRESAS TAM E GOL: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DOS JOGOS NÃO-COOPERATIVOS

LUCIANA FREIRE

Universidade de Fortaleza - UNIFOR

l_freire@terra.com.br

ROSEILDA NUNES MOREIRA

Faculdade de Ciências da Administração de Petrolina

roseildanm@gmail.com

ELLEN CAMPOS SOUSA

UNICHRISTUS - Centro Universitário Christus

ellensousa@yahoo.com.br

ÁREA TEMÁTICA: ESTRATÉGIA CORPORATIVA E DE STAKEHOLDERS

DUOLPÓLIO DAS EMPRESAS TAM E GOL: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DOS JOGOS NÃO-COOPERATIVOS

RESUMO

Este artigo trata da teoria dos jogos duopolistas com e sem liderança de mercado, através das abordagens de Cournot e Stackelberg. Tendo como objetivo analisar em detalhes a estrutura de competição duopolista e o processo de tomada de decisão estratégica das duas principais empresas aéreas brasileiras, TAM e GOL, nos mercados doméstico e internacional, atentando às soluções de equilíbrio, avaliando se as estratégias são compatíveis com o intuito de obtenção de receita máxima pelas empresas, em relação à variável “RPK”. Configura-se como pesquisa exploratória e descritiva de natureza quantitativa. Os dados secundário foram coletados do site da ANAC (2014), e sua análise foi feita através de estatística descritiva, tendo como base médias aritméticas e desvio padrão. A análise dos dados permitiu evidenciar no segmento domésticas, as empresas TAM e GOL competem com *market share* equilibrado, tendo sido aplicado duopólio TAM-GOL sem empresa líder de Cournot, o resultado sinalizou a redução do RPK para ambas, tendo como referência suas médias de vendas mensais. Já no mercado internacional da aviação civil, em função da TAM dominar e a GOL ser considerada seguidora utilizou-se como base de análise o jogo de Stackelberg, que sinalizou uma continuidade de vendas RPK para ambas as empresas.

Palavras-chave: Teoria dos Jogos, Jogos não cooperativos de Cournot e Stackelberg, duopólio TAM-GOL Brasil.

ABSTRACT

This article deals with the theory of duopoly games with and without market leadership, through the approaches of Cournot and Stackelberg. Aiming to analyze in detail of duopoly structure of competition and the strategic decision-making process of the two main Brazilian Airlines TAM and GOL, in domestic and international markets, paying attention to balancing solutions, evaluating whether strategies are compatible with the aim of obtaining maximum revenues by companies, in relation to the variable "RPK". Appears as exploratory research and descriptive quantitative in nature. The secondary data were collected from the ANAC (2014), and its analysis was made using descriptive statistics, based on averages and standard deviation. Data analysis allowed to show in the domestic segment, TAM and GOL companies compete with market share balanced, having been applied duopoly TAM-GOAL without leading Cournot, the result signaled the reduction of RPK for both, with reference to their average monthly sales. In the international civil aviation market, in function of the TAM and GOL be considered follower used as the basis of the analysis of Stackelberg game, which signaled a continuation of RPK sales for both companies.

Keywords: game theory, cooperative games Cournot and Stackelberg duopoly, TAM-GOAL Brazil.

1 INTRODUÇÃO

A teoria dos jogos estuda matematicamente o conflito e a cooperação, representando situações em que os destinos das pessoas são interdependentes, ou seja, os envolvidos no jogo possuem interesses próprios, os quais norteiam suas decisões, cujos resultados repercutem diretamente nas ações dos outros participantes, tornando este tipo de decisão estratégica (SARTINI, et al. 2004; BIERMAN; FERNANDEZ 2011; OSBORNE, 2000).

Os jogos podem ser cooperativos ou não cooperativos, o primeiro descreve o comportamento ótimo em jogos com número grande de jogadores, objetivando estabelecer colízes consistentes com o comportamento racional, podendo acontecer com ou sem conflito, já o segundo acontece sem comunicação ou acordo entre agentes participantes, podendo ocorrer com ou sem conflito, através de jogos simultâneos (estratégicos/estáticos) ou movimentos sequenciados (extensivos/dinâmicos) (DE SENA, 2008; FRIEDMAN, 2001; DE AZEVEDO, 2006; HANEKE; SADDI, 1995).

Essa abordagem, na década de 90, teve sua utilização amplificada nas ciências sociais e comportamentais, em especial, na economia e na administração, em virtude da concessão do prêmio Nobel de Economia aos estudiosos Harsanyi por formalizar, na teoria dos jogos, os processos de barganha na tomada de decisão de jogadores em diferentes situações, incluindo a possibilidade subjetiva de uso de ações estratégicas disponíveis por parte dos jogadores, e Nash por buscar nos jogos não-cooperativos, analisar o comportamento de empresas que atuam em regimes de competição duopolista estratégica, desenvolvendo, assim, instrumental analítico usado sobremaneira na tomada de decisões estratégicas de empresas (DE SENA, 2008).

Neste sentido, o presente artigo contempla a utilização dos jogos não-cooperativos à competição duopolista das empresas aéreas TAM e GOL, que conforme dados Associação Nacional da Aviação Civil (ANAC), em 2013, possuíam aproximadamente 75% do mercado aéreo brasileiro doméstico e 100% do mercado internacional em termos de *Revenue Passenger Kilometre* (RPK - passageiros pagantes por quilômetro transportado, proxy para venda de passagem). O estudo aplica detalhadamente as formalidades e refinamentos da teoria para estruturar de forma lógica um jogo estratégico competitivo, apresentando os movimentos estratégicos dos *players* envolvidos, concebendo um conjunto de informações e determinando soluções definitivas (*payoffs* de equilíbrio).

Vale salientar, que o cálculo do comportamento médio da variável de decisão para as duas empresas é uma forma de comparar a performance de continuidade estratégica. A partir desse cenário pode-se definir mais dois tipos de movimentos estratégicos: aumento (otimista), e outro redução (pessimista) de RPK. As escolhas podem ser feitas pelas empresas partindo dos cenários pessimista ou otimista, mapeados de forma pura ou mista, atribuindo probabilidades às escolhas.

O estudo traz como contribuições: as soluções de equilíbrio através do uso das ferramentas de teoria dos jogos, mostrando que elas são suficientes para caracterizar o comportamento otimizado dos jogadores, permitindo descartar técnicas de maximização de receitas; e em função dos diversos níveis de receitas esperados, resultantes de movimentos estratégicos específicos, proporcionar as empresas concorrentes a possibilidade de mapear, em equilíbrio e fora dele, possíveis resultados em função da concretização de cenário (pessimista, conservador e otimista), podendo ser considerado como ferramenta para fundamentar a tomada de decisão estratégica.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante do exposto, o presente trabalho tem como problema de pesquisa: qual a estrutura de competição duopolista e o processo de tomada de decisão estratégica das empresas TAM e GOL, atentando às soluções de equilíbrios, para obtenção de receita máxima? Para responder a esse questionamento, definiu-se como objetivo analisar a estrutura de competição duopolista e processo de tomada de decisão estratégica das empresas TAM e GOL, nos mercados doméstico e internacional, atentando às soluções de equilíbrio, à obtenção de receita máxima, em relação ao RPK.

2. TEORIA DOS JOGOS

A Teoria dos Jogos é uma abordagem matemática de análise utilizada para auxiliar pessoas/gestores na tomada de decisão, pois estas dependem das ações de outros administradores/pessoas, em

função de sua interdependência, em outras palavras, no mercado oligopolista formado por duas empresas, na qual uma deve tomar a decisão de precificação, o novo preço tem impacto direto em sua concorrente, e vice-versa. Nesta abordagem, as ações planejadas são chamadas de estratégias, e os resultados para os jogadores são os lucros ou prejuízos fruto das estratégias (BAYE, 2010; OSBORNE, 2000).

É comum verificar em ambiente de concorrência perfeita, as empresas tomarem decisões de produção sem considerarem as prováveis reações de seus rivais, mesmo sabendo que as decisões de qualquer empresa individualmente tem impacto direto e infinito sobre o preço de mercado. O desafio da estratégia de uma empresa perfeitamente competitiva é prever o futuro caminho dos preços no setor e maximizar o lucro em relação a este caminho (BENSAKO; DRANOVE; SHANLEY; SCHAEFER, 2012).

Segundo Pindycke e Rubinfeld (2002), o jogo é uma situação em que seus participantes, denominados de jogadores, tomam decisões estratégicas em busca de determinados benefícios. Tais decisões afetam a magnitude dos seus próprios resultados, bem como, os dos outros em um processo interativo. O objetivo crucial desta teoria é identificar e reconhecer a estratégia ótima para cada jogador, ou ainda para ambos.

A aplicação da teoria de jogos fundamenta-se em quatro pressupostos fundamentais: confiabilidade do jogo descreve adequadamente a situação econômica; domínio do jogo, os agentes conhecem totalmente as regras do jogo e conseguem deduzir resultados correspondentes a cada combinação de estratégias; racionalidade, os agentes econômicos atribuem um valor a cada resultado do jogo, com pretensões de obter um resultado que maximize esse valor; e conhecimento comum, toda informação, incluindo preferências dos agentes, é conhecimento comum (FIANE, 2006).

Na análise dos jogos, a ordem na qual os jogadores tomam decisões é importante. Em um jogo de *movimentos simultâneos*, cada jogador toma decisões sem conhecer as decisões do seu oponente. Já no jogo de *movimento sequencial*, o jogador realiza o movimento após observar o movimento de seu concorrente. Outro elemento importante a ser ressaltado é o estágio do jogo: apenas uma partida – o jogo se processa de uma única vez; e partidas repetidas – o jogo repete-se mais do que uma vez (BAYE, 2010).

Os jogos podem ser aplicados na administração em inúmeras área, tais como: decisão de lançar produto inovador no mercado contra produto tradicionalmente aceito; decisão de cooperar com outras empresas em investimentos para pesquisa; decisões de elevar ou reduzir preço em mercado com poucos concorrentes; entre outros. No entanto, a teoria exige a aplicação de metodologia com regras específicas para representar tais situações, classificando tipos de informação disponível, interação entre jogadores e métodos de solução do jogo (FIANI, 2006).

Isto posto, apreender algumas definições torna-se condição *sine qua non* para analisar o(s) jogo(s). O exemplo clássico utilizado em teoria de jogos não-cooperativos é o jogo dos prisioneiros que são mantidos em escritórios separados, o promotor do caso oferece a cada um a seguinte proposta: caso ele testemunhe contra o comparsa e este não testemunhar contra ele, sua pena será de 1 ano de prisão cabendo a seu colega cumprir 10 anos. Caso o comparsa testemunhe contra ele sua pena será de 5 anos. Se todavia ambos se recusarem a testemunhar um contra o outro, ambos passarão 2 anos na cadeia (TONELLI, 2014). Nesta situação, os dois jogadores tem duas estratégias¹: testemunhar (T) contra o outro ou não (N). Sendo representado da seguinte forma:

Quadro 1 - Jogos dos prisioneiros

| | | Prisioneiro 2 | |
|---------------|---|---------------|----------|
| | | Estratégia | |
| Prisioneiro 1 | N | (-2,-2) | (-10,-1) |
| | T | (-1,-10) | (-5,-5) |

Fonte: TONELLI, 2014.

Os *payoffs* dos dois prisioneiros são dados pelas entradas em cada célula da matriz. A primeira entrada refere-se ao prisioneiro 1, e a segunda entrada indica o prisioneiro 2. É importante

¹ **Estratégias** consistem em regras de decisão, que descrevem as ações que o jogador tomará em cada ponto de decisão.

observar, a respeito da descrição do jogo, que o *payoff* para o prisioneiro 1 depende crucialmente do que o prisioneiro 2 escolher, e vice-versa (BAYE, 2010; TONELLI, 2004). Caso os prisioneiros conversassem entre si, estabelecendo um jogo cooperativo, a melhor escolha seria a estratégia (N, N). Mas no caso, o jogo é não cooperativo, eles não tem a certeza da estratégia que será adotada por seu comparsa (TONELLI, 2014). Nessa situação específica, o interesse individual se sobrepõe ao do outro, levando cada um dos prisioneiros a tomar a decisão que melhor ofereça maior probabilidade de sucesso individual, ou seja, eles decidem individualmente testemunhar contra o outro pois passariam um ano preso, caso o outro não o delatasse. No final, ambos acabam confessando, e passando 5 anos presos. Este resultado ficou conhecido como equilíbrio de Nash.

A vantagem do uso do equilíbrio de Nash vem da sua estabilidade sem que os jogadores estejam cooperando. “Sempre que um jogador se encontra em uma situação em que até poderia ganhar mais, mas já está fazendo o melhor possível, dada a posição de seus competidores, existirá um equilíbrio de Nash” (MONTELLA, 2011, p. 125).

Em resumo, associando o comportamento dos prisioneiros ao dos jogadores pode-se dizer que a cooperação entre dois oligopólios os tornaria coesos e fortes como se fossem uma só firma. Enquanto monopolistas, a dupla obteria o maior lucro possível, pois não haveria concorrência. No entanto, a falta de confiança entre as partes faz com que cada um dos jogadores aja isoladamente, resultando no lucro final não tão grande quanto seria num monopólio.

2.1 REPRESENTAÇÃO EXTENSIVA DO JOGO DE DUOPÓLIO SEM EMPRESA LÍDER À LA COURNOT

Em 1938, Cournot desenvolveu um modelo destinado a explicar como empresas em setores com estruturas industriais que variavam em duopólios a competição perfeita, escolheriam suas produções na tentativa de maximizar lucro. Esse modelo mostra a interação entre duas empresas concorrentes, fabricantes de produtos homogêneos, buscando maximizar seus lucros, representados pelos *payoffs* ou recompensas, devendo prestar atenção à reação da procura dos consumidores e à da concorrência (BIERMAN; FERNANDEZ, 2011).

Segundo Bierman e Fernandez (2011), no modelo de Cournot, o preço de mercado é definido pela produção total de todas as empresas no setor, não sendo considerado variável estratégica. Essa abordagem parte do pressuposto que os produtos fabricados são idênticos, cujos totais produzidos apareceriam no mercado simultaneamente. O preço do produto era sempre igual ao de equilíbrio de mercado. Além de ter considerado, também, que o preço de mercado por unidade de produção (P) recebido por todas as empresas é função decrescente do total produzido por todas as empresas.

Nesse modelo, a produção da empresa é definida por x_1 que representa a quantidade produzida/vendida pela empresa E_1 , e x_2 é quantidade produzida/vendida pela empresa E_2 . A quantidade total ofertada (dada pela soma das quantidades levadas ao mercado pelas duas empresas) e a demanda pelo mercado é representada por $X^S=X^D=X=x_1+x_2$. A receita total é $P.X$, onde P é o preço do produto, e X a quantidade total do produto. Já a receita total da empresa E_1 é representada pela fórmula $y_1=P.x_1$, enquanto a receita total da empresa E_2 é $y_2=P.x_2$ (DE SENA, 2014).

A função demanda inversa de mercado, proposta por Cournot, $P=a-X$ ($a>0$), onde $X=x_1+x_2$ ou $P=a-x_1-x_2$, traz como implicação a relação inversa entre quantidade demanda e preço que opera no mercado (lei da demanda), ou seja, à medida que uma empresa aumenta sua produção, ela não só reduz preço que recebe por sua própria produção, mas diminui simultaneamente o preço recebido pelas outras empresas (BIERMAN; FERNANDEZ, 2011; DE SENA, 2014).

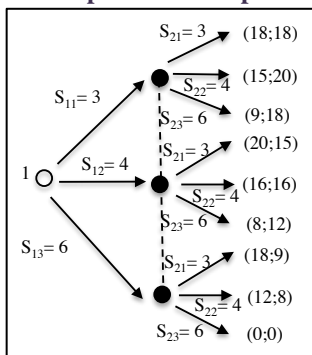
Cournot definiu que empresas de mesmo porte E_1 e E_2 deveriam ser representadas por $I=2$, ou $i=1,2$, essa simbologia significa que as empresas competem entre si no mercado, sem acordo/cooperação. A competição é retratada pelo movimento estratégico simultâneos produzir/vender, onde a empresa E_1 ou E_2 não sabe a quantidade que sua concorrente E_1 ou E_2 levará ao mercado, e vice-versa, mas a quantidade ofertada traz implicações diretas na oferta mútua.

Imagine que duas empresas E_1 e E_2 necessitam tomar decisões estratégicas em quanto produzir/vender de um dado produto X. No caso E_1 deve decidir quanto produzir/vender, as opções disponíveis são: $x_1 : S_{11}=3; S_{12}=4$ e $S_{13}=6$ - [$S_{ij}(i=1)$ é a E_1 ; $j=1,2,3$ - estratégias disponíveis a E_1]. Ao

passo que E_2 deve, também, decidir quanto produzir/vender e escolhas disponíveis são: $x_2 : S_{21}=3; S_{22}=4$ e $S_{23}=6$ [S_{ij} ($i=2$) é a E_2 ; $j=1,2,3$ – estratégias disponíveis a E_2] (BIERMAN; FERNANDEZ, 2011; DE SENA, 2014).

Neste exemplo, o preço é dado pelo mercado, e as empresa não possuem poder de manipulá-lo. A demanda inversa de mercado dada é $P=12-X$, onde $X=x_1+x_2$. Ao substituir a função de $P=12-x_1-x_2$, tem-se como fórmula de cálculo das receitas (*payoffs*) para as duas empresas, onde $E_1: y_1=P.x_1$ ou $y_1=(12-x_1-x_2).x_1$ e $E_2: y_2=P.x_2$ ou $y_2=(12-x_1-x_2).x_2$. Ao final, as empresas têm individualmente como objetivo maximizar suas receitas. Neste caso, o jogo de duopólio sem empresa líder à lá Cournot pode ser representado na forma extensiva (árvore) e na forma estratégica (matriz). Na primeira constrói-se uma árvore (Figura 1 a seguir) de decisões que abranja as escolhas disponíveis para cada um dos jogadores. Tendo em vista a simultaneidade dos movimentos, a ordem de designação dos jogadores é irrelevante (DE SENA, 2008). Já na representação normal do jogo de duopólio sem empresas líderes a lá Cournot é composto por células da matricial (Quadro 2 a seguir), linhas e colunas representam as opções de cada jogador, e o encontro entre linha e coluna indica os *payoffs* de cada um deles (MARINHO, 2005).

Figura 1 - Representação Extensiva (em árvore) do Jogo de Duopólio sem Empresa Líder



Fonte: DE SENA, 2014

Quadro 2 - Representação Extensiva (em árvore) do Jogo de Duopólio sem Empresa Líder

| | | Jogador 2 | | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| | | $S_{21}=3$ | $S_{22}=4$ | $S_{23}=6$ |
| Jogador 1 | $S_{11}=3$ | (18;18) | (15;20) | (9;18) |
| | $S_{12}=4$ | (20;15) | (16;16) | (8;12) |
| | $S_{13}=6$ | (18;9) | (12;8) | (0,0) |

Fonte: DE SENA, 2014

Segundo De Sena (2014), para solucionar o jogo não-cooperativo de duopólio de Cournot, através da representação normal (em matriz), deve-se considerar as opções de escolhas para os dois jogadores em coluna (jogador 1) e em linha (jogador 2). O jogo, neste caso, pode ser solucionado através do método de sucessiva dominância e método de Nash.

No método de sucessiva dominância, deve-se observar as células da representação normal do jogo duopólio sem empresa líder (Cournot), onde os jogadores podem eliminar as estratégias dominadas, até chegar a representação normal do jogo reduzida (ver exemplo abaixo). A solução por sucessiva dominância é representada por $(S_{12}=4; S_{22}=4)$, que gera o par de *payoffs* (16;16). A Empresa $E_{1(jogador1)}$ produz/vende 4 e a empresa $E_{2(jogador2)}$ produz/vende, também, 4. Portanto os níveis de produção/venda geram receitas máximas de 16 para cada uma das empresas

Quadro 3 - Representação Extensiva (em árvore) do Jogo de Duopólio sem Empresa Líder

| | | Jogador 2 | | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| | | $S_{21}=3$ | $S_{22}=4$ | $S_{23}=6$ |
| Jogador 1 | $S_{11}=3$ | (18;18) | (15;20) | (9;18) |
| | $S_{12}=4$ | (20;15) | (16;16) | (8;12) |
| | $S_{13}=6$ | (18;9) | (12;8) | (0,0) |

Fonte: DE SENA, 2014

O Método de Nash consiste, inicialmente, escolher um jogador e sua primeira escolha. Fixada esta decisão, elege-se a melhor opção para o jogador 2. Por exemplo: (1) considere o jogador 1 e sua primeira escolha S_{11} : Fixado S_{11} , a melhor resposta do jogador 2 é jogar $S_{22}=4$, pois $20 > 18$ de S_{21} e $20 > 18$ de S_{23} [(15;20*)]; (2) posteriormente a segunda escolha do jogador 1 é S_{12} : Fixado S_{12} , a melhor resposta do jogador 2 é jogar $S_{22}=4$, pois $16 > 15$ de S_{21} e $16 > 12$ de S_{23} [(16;16*)]; 3; e (3) finalmente o jogador 1 faz sua terceira escolha S_{13} : Fixado S_{13} , a melhor resposta do jogador 2 é jogar $S_{21}=3$, pois $9 > 8$ de S_{22} e $9 > 0$ de S_{23} [(18;9*)]. Esta operação deve ser repetida até se chegar na melhor escolha para os dois jogadores, o que implica na dupla marcação com asterisco (*) nos dois *payoffs*

da célula, indicando que os dois jogadores otimizaram (maximizaram suas receitas) simultaneamente (ver quadro 4). A solução do jogo de duopólio sem empresa líder (Cournot) pelo método de Nash é o par de escolhas em quanto produzir/vender pelas duas empresas [$S_{12}=4$; $S_{22}=4$] que gera o par de *payoffs* [(16;16*)]. A simultaneidade de melhores respostas dadas pelos dois jogadores, o que implica na dupla marcação com asterisco (*) nos dois *payoffs* da célula [(16; 16*)].

Quadro 4 - Representação Extensiva (em árvore) do Jogo de Duopólio sem Empresa Líder

| | | Jogador 2 | | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| | | $S_{21}=3$ | $S_{22}=4$ | $S_{23}=6$ |
| Jogador 1 | $S_{11}=3$ | (18;18) | (15,20*) | (*9;18) |
| | $S_{12}=4$ | (*20;15) | (*16;16*) | (8;12) |
| | $S_{13}=6$ | (18;9*) | (12;8) | (0,0) |

Fonte: DE SENA, 2014

2.3 JOGOS DINÂMICOS DE DUOPÓLIO DE STACKELBERG

O modelo duopolista com empresa líder, desenvolvido por Stackelberg, trouxe grande contribuição para Teoria dos Jogos e Teoria dos Oligopólios. Diferente do modelo proposto por Cournot, este não considerou o jogo dinâmico, ou seja, a empresa líder (representada por E_1) toma as decisões de produção antes de suas concorrentes (denominada seguidora – representada por E_2), que, a partir do então, escolhem produções que maximizem seus lucros (BAYE, 2010; BIERMAN; FERNANDEZ, 2011).

Para Stackelberg uma indústria é considerada como oligopolista quando: existir poucas empresas atendendo a diversos consumidores; as empresas produzirem tanto produtos diferenciados quanto homogêneos; uma única empresa líder escolhe uma produção antes de todas as outras; todas as outras (seguidoras) tomam como dada a produção da líder, e escolhem produções que maximizem seus lucros, em função da produção da líder; e existir barreiras à entrada.

As principais características desse modelo são as seguintes: os movimentos sequenciados; os movimentos prévios são observados antes do próximo movimento ser escolhido; e os ganhos dos jogadores provenientes de cada combinação factível de movimentos são de conhecimento comum (BAYE, 2010; BIERMAN; FERNANDEZ, 2011).

Na competição de Stackelberg cada seguidor se comporta exatamente como oligopolista de Cournot. Nessa situação, o líder não toma as decisões de produção dos seguidores como dadas, mas escolhe um nível de produção que maximiza lucros, em outras palavras, cada seguidor reagirá à sua decisão de produção, de acordo com uma função de reação de Cournot (BAYE, 2010; OSBORNE, 2004)

Portanto, a empresa líder (E_1) faz sua escolha sobre x_1 , que afeta a quantidade que a empresa seguidora (E_2) decide produzir/vender [$x_2=f(x_1)$], ou seja, a quantidade de produto x_2 que a empresa seguidora decide produzir/vender não tem qualquer influência na decisão da líder E_1 sobre a quantidade de produto x_1 que ela decidirá levar ao mercado. Concedendo a empresa líder a vantagem de ser o primeiro a se mover, e a seguidora apenas observar a ação da líder, para então, tomar sua decisão (DE SENA, 2014).

Esse fato traz implicação importante no processo de maximização da receita da empresa líder E_1 ; E_2 , antes de maximizar sua receita total $y_1=P.x_1$, deve “substituir a quantidade de produto que a seguidora levará ao mercado [$x_2+f(x_1)$] na sua função receita, visto que a quantidade ótima de produto que a líder” ofertará ao mercado tem relação com a escolha da quantidade definida pela seguidora. A líder movimenta-se primeiro, e seguidora o faz em sequencia (DE SENA, 2014).

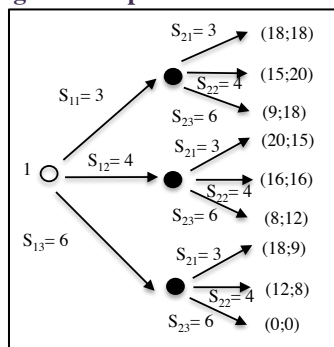
Partindo do pressuposto que o preço do produto é dado pelo mercado, as empresas não podem manipulá-lo. Nesta abordagem, a produção é definida pela empresa líder, sendo x_1 igual a quantidade produzida/vendida pela empresa líder (E_1), x_2 igual a quantidade produzida/vendida pela empresa seguidora (E_2), e X representa a quantidade total ofertada (dada pela soma das quantidades levadas ao mercado pelas duas empresas) e demandada pelo mercado: $X^S=X^D=X=x_1+x_2$. No que tange a receita, Stackelberg definiu como sendo: Receita Total - $P.X$, onde P =preço do produto e X =quantidade total do produto; Receita Total da empresa líder - E_1 : $y_1=P.x_1$; Receita Total da empresa seguidora - E_2 : $y_2=P.x_2$ (DE SENA, 2014).

Já a “função demanda inversa de mercado foi representada como sendo $P=a-X$, ($a>0$), onde $X=x_1+x_2$, ou $P=a-x_1-x_2$ ”, assumindo que se a quantidade total do produto (X) ofertada ao mercado para venda pelas duas empresas e demandada pelo mercado é elevada, o preço desse produto (P) será muito baixo. Mas, se a quantidade total do produto (X) levada ao mercado para venda pelas duas empresas e procurada pelo mercado é pequena, o preço do produto (P) será muito alto. É a relação inversa entre quantidade demandada e preço que opera no mercado, ou a lei da demanda. As empresas não podem compactuar sobre as quantidades do produto que levarão individualmente ao mercado (DE SENA, 2014).

A representação extensiva do jogo de duopólio com empresa líder (de Stackelberg) pode ser feita através da construção de uma árvore de decisões (figura 2) contemplando o conjunto de escolhas disponíveis a cada um dos jogadores, onde o jogador líder E_1 deve ser designado no nó inicial, e a empresa seguidora E_2 aos nós intermediários, uma vez que essa só se movimenta após E_1 definir a quantidade de produção. A inexistências de linhas pontilhadas unindo os nós de decisões intermediárias do jogador 2 representa qual o nó de decisão que ele está, após ter observado a escolha da líder em seu primeiro movimento. Pode-se observar na representação extensiva abaixo (figura 2) a existência de nove nós terminais, que são preenchidos usando funções de receitas y_i , com a primeira posição representando o *payoff* do jogador 1, e a segunda posição *payoff* do jogador 2 (separado por ;). A título de representação o cálculo dos *payoffs* para o jogador 1 é feito $y_1=P.x_1=(p_1-x_1-x_2).x_1$, e para o jogador 2 é $y_2=P.x_2=(p_2-x_1-x_2).x_2$. Ver exemplo abaixo: E_1 : $y_1=P.x_1=(12-x_1-x_2).x_1-x_1$: $S_{11}=3$; $S_{12}=4$ e $S_{13}=6$; e E_2 : $y_2=P.x_2=(12-x_1-x_2).x_2-x_2$: $S_{21}=3$; $S_{22}=4$ e $S_{23}=6$.

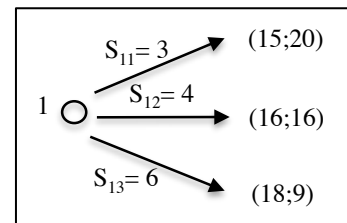
Quanto a solução do jogo de duopólio com empresa líder usa-se a representação extensiva (em árvore) do jogo. Para esse jogo há apenas um método de solução denominado indução invertida. A análise deve ser iniciada nos nós intermediários (jogador 2) imediatamente predecessores aos nós terminais, onde se deve escolher a melhor opção (maior *payoff*) para empresa que está decidindo (jogador2). Derivando o jogo conforme figura 3:

Figura 2 - Representação Extensiva (em árvore) do Jogo de Duopólio de Stackelberg



Fonte: DE SENA, 2014

Figura 3 - Jogo reduzido de duopólio de Stackelberg



Fonte: DE SENA, 2014

Diante do jogo reduzido, a escolha deverá ser realizada através da melhor opção (maior *payoff*) para empresa líder, que está decidindo no momento. Tendo como solução [(18;9)]. Isto implica que ao verificar a representação extensiva completa do jogo da figura 2, que a empresa líder E_1 produz 6 e a empresa seguidora E_2 produz 3, as escolhas ótimas (que geram receitas máximas) em quanto produzir/vender das duas empresa. Gerando, assim, como solução ótima com o jogador 1 (líder escolhendo $S_{13}=6$ e auferindo receita de $y_1=18$ e o jogador 2 (seguidora) escolhendo $S_{21}=3$ e auferindo uma receita máxima de $y_2=9$. Note que o ponto [$y_1=18$; $x_1=S_{13}=6$; $y_2=9$; $x_2=S_{21}=3$] é de máximo, pois o método de indução invertida implica em otimização sequencial, e é exatamente o mesmo obtido pelo método secular da maximização das receitas usando cálculo.

Ao relacionar os modelo de Stackelberg e de Cournot, pode-se ver que a empresa líder produz uma quantidade que é superior, ao passo que a seguidora produz uma quantidade inferior. Ou seja, o fato de decidir em primeiro lugar, permite à empresa líder ganhar uma vantagem relativamente à seguidora (MATA, 2000). Os modelos apresentam similaridade porque ambas

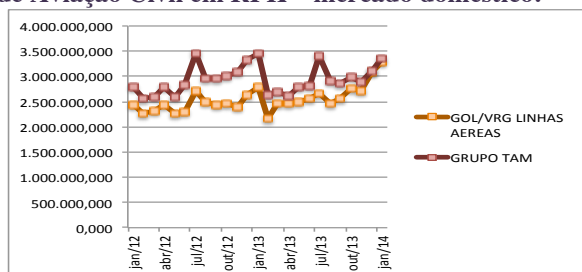
competem sobre as quantidades. Entretanto, o primeiro movimento de decisão dá ao líder em Stackelberg uma vantagem em relação à Cournot. Existe também um importante conceito no jogo de Stackelberg: a perfeita informação, onde o seguidor deve observar a quantidade escolhida pelo líder se não o jogo reduz-se a Cournot (CARRARO, 2010).

3 O MERCADO DE AVIAÇÃO CIVIL NO BRASIL

O mercado da aviação civil no Brasil segue concentrado, apresentando uma estrutura de mercado oligopolizada, com participação predominante das empresas GOL e TAM (ANAC, 2014). No mercado doméstico, ambas as empresas detêm conjuntamente aproximadamente 75% de participação, sem predominância perceptível de uma sobre a outra: a GOL possui uma média de 34,77% de *market share*, e a TAM opera com a média de 40,20% do total de vendas de RPK, no período de janeiro de 2012 a 2014. Segundo Hessel, estas empresas mantêm “*marketshare*” elevado por falta de opção por parte do usuário, mas elas têm dificuldades para serem rentáveis, fazendo com que suas ações não sejam atrativas. Juntas, acumulam prejuízos superiores a R\$ 1 bilhão no ano 2013, sendo R\$ 705 milhões da Gol até setembro e R\$ 682 milhões da TAM, até junho. Esse é o último dado disponível porque a companhia fechou capital e o resultado passou a ser consolidado com a holding Latam, resultante da fusão com a chilena Lan, em 2011 (HESSEL, 2014).

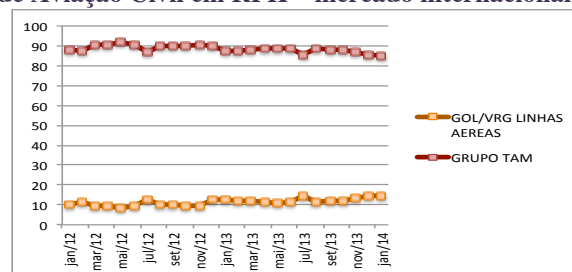
A taxa média de crescimento de RPK da GOL, em 2012, foi de 0,96%, e, em 2013, de 1,79%. Quanto a TAM, pode-se observar que seu crescimento em 2012 foi em média 2,12 maior que a GOL, entretanto, no ano seguinte, seu crescimento médio foi insignificante de apenas 0,06%. Nos períodos de alta estação julho de 2012 e 2013 a TAM manteve uma supremacia de mercado em relação a GOL em torno de 9%, em dezembro de 2012, embora no ano seguinte as empresas apresentaram participações muito semelhantes. E por fim, janeiro de 2012 e 2013, a TAM manteve sua supremacia, com uma diferença de 5% e 8%, respectivamente aos anos citados. Em relação ao mercado internacional, observa-se uma forte predominância da TAM, com 85,08% do mercado, em relação à GOL, com 14,92% do mercado. Essa tendência também permaneceu consistente durante toda a série estudada conforme o gráfico 2.

Gráfico 1 - Evolução da Participação na Indústria de Aviação Civil em RPK – mercado doméstico.



Fonte: ANAC (2014). Em %.

Gráfico 2 - Evolução da Participação na Indústria de Aviação Civil em RPK – mercado internacional.



Fonte: ANAC (2014). Em %

Segundo dados da ANAC, a demanda por transporte aéreo internacional das empresas brasileiras da aviação civil apresentou uma redução de 2,8% em janeiro de 2014, com base em janeiro de 2013. Já a oferta internacional apresentou um diminuição de 7,4% no mesmo período. No entanto a GOL registrou um crescimento de 13,4% na demanda por transporte intencional em janeiro de 2014, quando comparado a janeiro de 2013, ao passo que a TAM apresentou uma redução de 5,2% no mesmo período (www.aviacaopaulista.com, 2014).

No que tange o aproveitamento dos voos internacionais de passageiros operados por empresas brasileiras (RPK/ASK), no mês de janeiro, atingiu 80,7%, contra 76,9% do mês do ano anterior. A TAM obteve uma taxa de ocupação média de 81,9% em suas aeronaves no mês de janeiro/2014, e a GOL 74,6% no mesmo período (www.aviacaopaulista.com, 2014).

4 METODOLOGIA

O conhecimento científico, busca incessante da articulação entre teoria e realidade, tem como fio condutor a metodologia, cuja função fundamental transcende o papel instrumental, permitindo,

assim, a materialização da construção verossímil do pensamento das realidades desnudadas pelos cientistas nas diversas áreas exatas, humanas, biológicas, sociais, entre outras (MINAYO; SANCHES, 1993). Neste sentido a pesquisa, procedimento racional e sistemático, tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos, sendo desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis, através de técnicas e métodos.

O presente estudo é caracterizado como exploratório e descritivo pelo fato de ter como principal finalidade desenvolver e esclarecer conceitos, ideias, para formulação de abordagens mais condizentes com o desenvolvimento de estudos posteriores.

A pesquisa exploratória, ponto de partida do estudo, objetivou familiarizar os pesquisadores com o assunto investigado, Teoria dos Jogos Não-Cooperativos. O processo de leitura exploratória, seletiva, reflexiva e interpretativa favoreceu à construção dos argumentos hora por progressão, hora por oposição. Segundo Ruiz (1979), este tipo de trabalho é denominado pesquisa bibliográfica, já que para o autor, independente da área de pesquisa, tem necessidade da pesquisa bibliográfica prévia, que com a atividade exploratória, ajuda a estabelecer o *status questions*, justificar os objetivos e contribuições da própria pesquisa, além de embasar conceitualmente, a estrutura e análise dos dados, permitindo a apropriação do conhecimento por parte dos pesquisadores no intuito de alcançar o objetivo proposto no artigo.

A pesquisa é descritiva de natureza quantitativa, no momento em que o pesquisador procura descrever a realidade como ela é, apresentando os detalhes da estrutura de competição duopolista e o processo de tomada de decisão estratégica da TAM e da GOL, nos mercados doméstico e internacional, amparado pela teoria dos jogos não cooperativos, atentando para as soluções de equilíbrio, isto é, avaliando se as estratégias são compatíveis com a objetivo de obtenção de receita máxima pelas empresas, sem se preocupar em modificá-la (GIL, 2010). Tendo sido empregado o uso da estatística descritiva.

O estudo está representado a partir de operações, como média aritmética e desvio-padrão. A média traz a referencia de continuidade da performance das empresas TAM-GOL, ou seja, a quantidade de RPK's ofertados pelas empresas permanecerão, no futuro, aos mesmo níveis passados. Os desvios-padrão concederá os graus de dispersão de RPK na vizinhança dos níveis médios, sendo suporte à interpretação de dois cenários alternativos, um de redução (pessimista) e outro de aumento (otimista) de oferta para cada empresa.

Estas aplicações têm como objetivo demonstrar a participação de mercado entre as duas empresas no setor de aviação civil, TAM e GOL, aproximando-as com a realidade. A média aritmética desta a tendência central entre a participação das empresas no período de 36 meses, e o desvio padrão apresenta o nível de dispersão para mais e para menos das empresas para o período proposto.

As amostras dos dados foram coletadas a partir de fontes secundárias extraídas do site da ANAC (www2.anac.gov.br/estatistica/demandaeoferta/DemandaeOferta.asp). Os dados secundários quando aplicados aos métodos da teoria dos jogos não-cooperativos, possuem as seguintes características: dois jogadores representados pelas empresas TAM e GOL, no mercado nacional e internacional, avaliados no período de janeiro de 2012 e janeiro de 2014.

Foram utilizados para análise dos dados os seguintes métodos: mercado nacional onde não há líder de mercado, foi usada representação extensiva do jogo de duopólio sem empresa líder de Cournot, trazendo a solução do jogo à lá Cournot pelo método de Nash; e mercado internacional, onde a TAM é empresa líder e a GOL seguidora, empregou-se a representação extensiva do jogo de duopólio com empresa líder de Stackelberg, sendo aplicado na solução do jogo o método de indução invertida (*backward induction*).

Conclui-se portanto que a aplicação da metodologia teoria dos jogos a partir de jogos não-cooperativos permitirá aos pesquisadores determinarem a quantidade de produto que uma empresa decide produzir/vender, que afeta diretamente a quantidade que a outra empresa produz/vende, além de apresentar o ponto de receita máxima que as empresas podem obter.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo desta seção é analisar a estrutura competição e o processo de decisão estratégica das duas principais companhias aéreas brasileiras (TAM-GOL), em relação a RPK, amparada pela teoria dos jogos. Para tanto, será apresentado a aplicação das representações estratégicas e extensivas do jogo de duopólio sem empresa líder e jogos dinâmicos de duopólio de Stackelberg, usando as variáveis relevantes delineadas acima e as técnicas de cenários e os métodos de estatístico e matemático.

5.1 O DUOPÓLIO TAM-GOL DE COURNOT: MERCADO DE LINHAS DOMÉSTICAS BRASILEIRAS

No mercado da aviação civil doméstico, as empresas de transporte aéreo TAM e GOL possuem um porte semelhante, e competem sem acordos ou cooperação. Nesse regime competitivo, a quantidade de produto que uma empresa decide produzir ou vender afeta a quantidade que a outra empresa produz/vende, e vice-versa. Observa-se ainda que a TAM não sabe a quantidade de RPK que a GOL levará ao mercado, e vice-versa.

Portanto a aplicação da abordagem de Cournot para o mercado doméstico da aviação civil brasileira é mais adequada, pois elas fabricam produtos semelhantes, partilham o mesmo mercado, e não há líder de mercado, os percentuais de participação, em termos de NPK, são muito próximos (TAM com 39% do *market share* e GOL com 35%). Nesse jogo a ordem de posicionamento das duas empresas (TAM e GOL) é irrelevante, em virtude dos movimentos estratégicos serem simultâneos.

As empresas em questão (I=TAM, GOL) usam estratégias de decisão a quantidade de passageiros a transportar. Assume-se que as decisões são tomadas no *curto prazo*, considerando que a capacidade operacional dessas empresas é fixa. Esse pressuposto pode ser assumido em função de que a oferta de aeronaves por parte das indústrias fornecedoras é relativamente inelástica.

É importante salientar, que o jogo de competição à Cournot existe uma complicação relativa a indeterminação de quantas estratégias podem estar disponíveis por cada jogador, no sentido que um número infinito de opções podem ser escolhidas por cada empresa. Portanto, se as formalidade teóricas forem bem definidas, não haverá problemas, assim, atribui-se aos jogadores $I=\{TAM, GOL\}$ os perfis estratégicos S_{ij} , $j=\{P,C,O\}$, determinados pelas conjecturas da técnica de extrapolação de tendências, correspondendo às estratégias de cenários pessimista (P), conservador (C) e otimista (O). Assim, em relação a esse conjunto de ações estratégicas $A(t)$ disponíveis aos jogadores, há um perfil S_i para cada jogador com três estratégias de escolha de quantidade de passageiros a transportar, não inviabilizando o potencial analítico do instrumental.

A TAM deve decidir quanto transportar considerando sua capacidade operacional atual e a expectativa de demanda do mercado. Suas opções (escolhas) disponíveis são: $x_1: S_i$ ($i=1$ é a TAM; $j=P, C, O$), cujas as estratégias disponíveis à TAM são: $S_{TP}=2,94-(9,34\%)=2,66$, que concede o pior resultado; $S_{TC}=2,94$, trazendo um resultado conservador; e por fim, $S_{TO}=2,94+(9,34\%)=3,21$, com o melhor resultado para empresa. A GOL, por sua vez, deve, também, decidir quanto transportar considerando sua capacidade operacional atual, e a expectativa de demanda do mercado. Suas opções (escolhas) são representada por $x_2: S_i$ ($i=2$ é a GOL; $j=P,C,O$), resultando nas seguintes estratégias disponíveis: $S_{GP}=2,54-(9,66\%)=2,30$ (pessimista); $S_{GC}=2,54$ (conservadora); e $S_{GO}=2,54+(9,66\%)=2,79$ (otimista).

Selecionando as estratégias com maior valor de cada empresa, obteve-se a variável A , assim calculada: $A=(3,21+2,79)=6,0$. Para finalidade de cálculo dos *payoffs* foi utilizada as seguintes fórmulas: $y_1=(6-x_1-x_2).x_1$; e $y_2=(6-x_1-x_2).x_2$. O quadro 5 apresenta os resultados dos cálculos, contemplando o conjunto de escolhas disponíveis a cada um dos jogadores, TAM e GOL, além de caracterizar a representação extensiva, em matriz, do jogo.

Quadro 5 - método de Nash

| | | Jogador 2 - GOL | | |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | $S_{GO}=2,79$ | $S_{GC}=2,54$ | $S_{GP}=2,3$ |
| Jogador 1 - TAM | $S_{TO}=3,21$ | (0;0) | (0,79;0,62) | (1,58;1,13*) |
| | $S_{TC}=2,94$ | (0,81;0,76) | (1,53;1,32) | (2,25;1,76*) |
| | $S_{TP}=2,66$ | (*1,46;1,54) | (*2,12;2,02) | (*2,77;2,39*) |

Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autor da Pesquisa.

Para representação normal em matriz, o jogador 1 - TAM é posto à esquerda da matriz com suas escolhas em quanto produzir/vender [x_1 : $S_{TO}=3,21$; $S_{TC}=2,94$; $S_{TP}=2,66$] dispostas em colunas. O jogador 2 - GOL é posto no topo da matriz, com suas escolhas em quanto produzir/vender [x_2 : $S_{GO}=2,79$; $S_{GC}=2,54$ e $S_{GP}=2,30$] disposto no topo da matriz (em linha).

A solução usando o método de Nash considera-se, no primeiro momento, em escolher um jogador e sua primeira estratégia. Se a TAM escolhe S_{TO} : Fixado S_{TO} , a melhor resposta do jogador 2 é escolher uma estratégia pessimista $S_{GP}=2,30$, pois $1,13 > 0,62$ de S_{GC} e $1,13 > 0$ de S_{GO} [(1,58;1,13*)]; se a segunda escolha da TAM for uma estratégia conservadora, S_{TC} : Fixado S_{TC} , a melhor resposta da GOL é uma estratégia pessimista ($S_{GP}=2,30$), pois $1,76 > 1,32$ de S_{GC} e $1,76 > 0,76$ de S_{GO} [(2,25;1,76*)]; e se terceira escolha da TAM for a estratégia pessimista S_{TP} : Fixado S_{TP} , a melhor resposta da GOL é $S_{GP}=2,30$, pois $2,39 > 2,02$ de S_{GC} e $2,39 > 1,53$ de S_{GO} [(2,77;2,39*)].

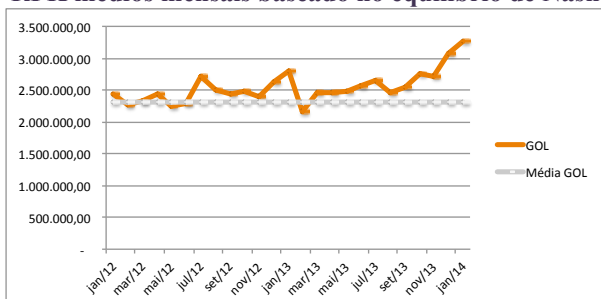
Considerando agora fixas as *estratégias* do Jogador 2 (GOL), tem-se os seguintes resultados: quando GOL escolhe a estratégia otimista, S_{GO} a melhor resposta da TAM é $S_{TP}=2,66$, pois $1,46 > 0,81$ de S_{TC} e $1,46 > 0$ de S_{TO} [(1,46;1,53)]; se a segunda escolha da GOL for a estratégia conservador S_{GC} , a melhor resposta do jogador 1 é $S_{TP}=2,66$, pois $2,12 > 1,53$ de S_{TC} e $2,12 > 0,79$ de S_{TO} [(2,12;2,02)]; e por fim, a GOL ao fazer sua terceira escolha com a estratégia pessimista S_{GP} , a melhor resposta do jogador 1 é $S_{TP}=2,66$, pois $2,77 > 2,25$ de S_{TC} e $2,77 > 1,58$ de S_{TO} [(2,77;2,39*)].

Portanto, a solução do jogo de duopólio sem empresa líder à lá Cournot pelo método de Nash é o par de escolhas referente a quanto produzir/vender pelas duas empresas no cenário pessimista [$S_{TP}=2,66$ milhão; $S_{GP}=2,30$ milhão], que gera o par de *payoffs* [(2,77*;2,39*)]. A simultaneidade de melhores respostas dadas pelos dois jogadores, o que implicou na dupla marcação com asterisco (*) nos dois *payoffs* da célula [(2,77*;2,39*)] indicando que os dois jogadores otimizam suas receitas.

Vale ressaltar que os movimentos independentes das empresas em direção a escolhas estratégicas de cenário otimista (fora do equilíbrio), contemplando o aumento de ofertas de passageiros a transportar, conduzindo a redução de receitas para ambas. Esse resultado é relevante na atual conjuntura por que passa o setor doméstico da aviação civil comercial, onde nenhuma delas domina o mercado de maneira absoluta, a melhor estratégia é a postura defensiva, no sentido de analisar os prospectos de possibilidades disponíveis aos jogadores.

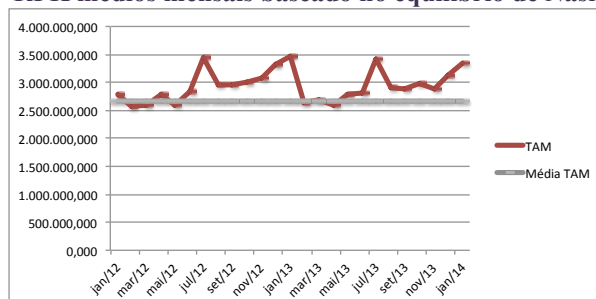
Pode-se observar diante da realidade de mercado, nos períodos estudados, que: de janeiro/12 a junho/13 e de março/13 a junho/13, as empresas mantém produção/venda de RPK muito próximas ao proposto pelo equilíbrio de Nash (cenário pessimista - [$S_{TP}=2,66$ milhão; $S_{GP}=2,30$ milhão]), demonstrando que as mesmas, embora, tomem suas decisões individuais, otimizaram simultaneamente os resultados de suas receitas; quanto aos períodos de julho/12 a março/13 e de julho/13 a janeiro/14, a concorrência se processa sem que as decisões tomadas pelas empresa observem a concorrência, e por conseguinte não tenham a maximização de suas receitas (ver Gráficos 3 e 4).

Gráfico 3 - Mercado doméstico RPK mensal GOL e RPK médios mensais baseado no equilíbrio de Nash



Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autores da Pesquisa.

Gráfico 4 - Mercado doméstico RPK mensal TAM e RPK médios mensais baseado no equilíbrio de Nash



Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autores da Pesquisa.

4.2 O DUOPÓLIO TAM-GOL DE STACKELBERG: MERCADO DE LINHAS INTERNACIONAIS NO BRASIL

No mercado internacional, as empresas de transporte aéreo TAM e GOL possuem portes diferentes, e competem no mercado internacional da aviação comercial sem acordos ou cooperação. Nesse regime competitivo, a quantidade de produto que uma empresa decide produzir ou vender afeta a quantidade que a outra empresa produz/vende, e vice-versa.

A utilização da abordagem de representação extensiva do jogo de duopólio com empresa líder de Stackelberg é possível no caso do mercado da aviação civil internacional brasileiro, em virtude da TAM ser a líder com participação média de mercado 88,6%, e a GOL 11,4%, em termos de RPK, no período de janeiro de 2012 a janeiro de 2014.

Para o jogo à lá Stackelberg a ordem de designação dos competidores para os nós é relevante: a empresa líder TAM - Jogador 1 deve ser designada ao nó inicial e a empresa seguidora GOL - Jogador 2 aos nós intermediários, pois os movimentos são sequenciais, no sentido de que a seguidora GOL observa a quantidade de produção escolhida pela líder TAM e, em seguida, escolhe sua quantidade. Isso reflete a inexistência da linha pontilhada unindo os nós de decisão intermediários do Jogador 2, significando que esse jogador sabe em qual nó de decisão ele está, após ter observado a escolha da líder no primeiro movimento, isto é, o Jogador 2 sabe em qual dos nós de decisão ele está, exatamente por saber qual nível de produção que o Jogador 1 escolheu no primeiro movimento.

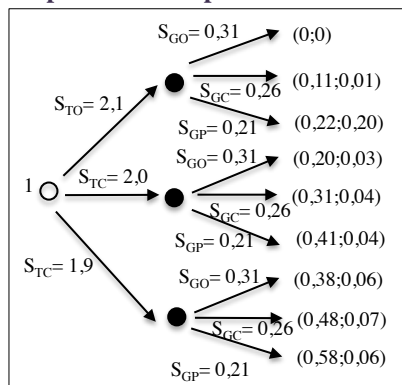
Ambas as empresas (I = TAM, GOL) usam estratégias de decisão em quanto transportar passageiros. Assume-se que as decisões são tomadas no *curto prazo*, considerando que a capacidade operacional das referidas empresas é fixa. Da mesma forma que no mercado doméstico, esse pressuposto pode ser assumido em função de que a oferta de aeronaves por parte das indústrias fornecedoras é relativamente inelástica. A TAM deve decidir quanto transportar considerando sua capacidade operacional atual e a expectativa de demanda do mercado. Suas opções (escolhas) disponíveis são: x_1 : S_i ($i=1$) é a TAM; $j=P,C,O$ – estratégias disponíveis à TAM – $S_{TO}=2,00+(5,07\%)=2,10$ (otimista); $S_{TC}=2,00$ (conservadora); e $S_{TP}=2,00-(5,07\%)=1,90$ (pessimista)

A GOL deve decidir quanto transportar também considerando sua capacidade operacional atual e a expectativa de demanda do mercado, mas condicionada pela escolha da TAM, usando a fórmula x_2 : S_i ($i=2$) é a GOL ; $j=O,C,P$ – estratégias disponíveis à GOL $S_{GO}=0,26+(19,99\%)=0,31$ (otimista); $S_{GC}=0,26$ (conservadora); e $S_{GP}=0,26-(19,99\%)=0,21$ (pessimista)

Selecionando as estratégias com maior valor de cada empresa, obtemos a variável A, assim calculada: $A=(2,10+0,31)=2,41$. Os cálculos dos *payoffs* contemplam apenas os ganhos do jogo de Stackelberg em estratégias puras, sendo representado na figura 4, que a contempla o conjunto de escolhas disponíveis a cada um dos jogadores - TAM e GOL. Neste caso específico, os movimentos dos jogadores são sequenciais, a representação extensiva, ao dispor as opções de escolhas em árvore de decisão para os dois jogadores, iniciando com o jogador *first mover* (líder - TAM) e, em sequência, com o jogador seguidor (jogador 2 - GOL).

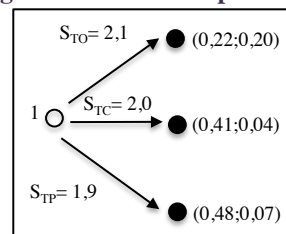
Iniciou-se nos nós de decisão intermediários (Jogador 2 - GOL) imediatamente predecessores aos nós terminais. Em cada um dos nós intermediários, escolha a melhor opção (maior *payoff*) para a empresa que está decidindo (Jogador 2 - GOL). Derivando assim o jogo reduzido (figura 5):

Figura 4- Representação Extensiva (em árvore) do Jogo de Duopólio com Empresa Líder



Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autores da Pesquisa.

Figura 5 - Jogo reduzido de duopólio de Stackelberg



Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autores da Pesquisa.

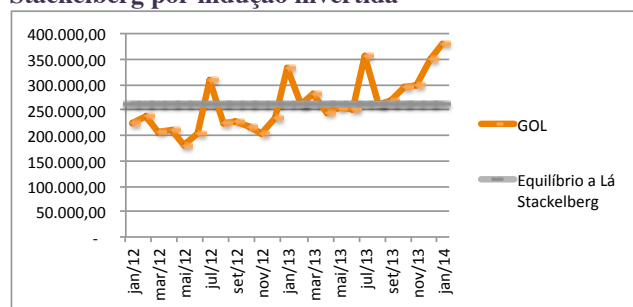
Observando o jogo reduzido (figura 5), o modelo propõe que se deve escolher a melhor opção (maior payoff) para a empresa que agora está decidindo no caso o Jogador 1 (TAM). A empresa líder obtém o *payoff* ótimo de 0,48 milhões, compatível com a estratégia $S_{TP}=1,9$, e a melhor resposta que a empresa GOL (seguidora) pode dar é escolher a estratégia de continuidade de oferta de produzir/vender $S_{GC}=0,26$ e obter um *payoff* de 0,07 milhões, dado que a empresa TAM já otimizou seu resultado no primeiro movimento.

Analisando uma possibilidade fora do equilíbrio, poderia até parecer que a empresa líder TAM escolheria a estratégia pessimista de oferta de produzir/vender $S_{TP}=1,9$, pois, assim, poderia auferir receita de 0,58 milhões (o maior entre todos os *payoffs* do jogo) (ver apêndice 2). Mas a empresa seguidora GOL deve observar a escolha de líder para depois, estrategicamente tomar sua decisão, embora que a escolha ótima da GOL fosse a oferta de produzir/vender $S_{GP}=0,21$, levando sua receita a aumentar de 0,07 milhões para 0,20 milhões, reduzindo a receita da líder de 0,48 para 0,22 milhões.

Diante do exposto, demonstra-se que os resultados dos movimentos sequenciados interdependentes das empresas em direção a escolhas estratégicas fora do equilíbrios levam a cenários conservador e/ou pessimistas e/ou otimistas de oferta de produzir/vender, conduzindo as empresas a perdas substanciais de receitas. Portanto, em função da interdependência marcada pelo jogo do regime de competição duopolista entre TAM (líder) e GOL (seguidora) no mercado brasileiro de linhas aéreas internacionais, a melhor escolha para TAM é a de postura estratégica pessimista, ao passo que para a GOL a postura é a conservadora, no sentido das duas empresas manterem a tendência de comportamento da oferta de produzir/vender.

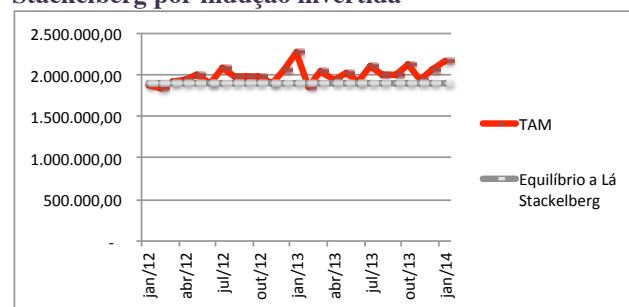
Entretanto, verificou-se no período estudado, que a GOL (seguidora) mantém as quantidades de produzir/vender propostas pela solução do jogo à La Stackelberg pelo método de indução invertida, no período de fevereiro a julho de 2013 (ver gráfico 5). Ao passo que a empresa TAM (líder) só não mantém quantidade de produzir/vender propostas pela solução do jogo à La Stackelberg pelo método de indução invertida, nos meses de: julho e dezembro/2012, janeiro/março/maio/outubro e dezembro/2013, e janeiro de 2014 (ver gráfico 6).

Gráfico 5 – Mercado internacional RPK mensal GOL e RPK de acordo com a solução do jogo à lá Stackelberg por indução invertida



Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autores da Pesquisa.

Gráfico 6 – Mercado internacional RPK mensal TAM e RPK de acordo com a solução do jogo à lá Stackelberg por indução invertida



Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autores da Pesquisa.

Finalmente, observa-se que a solução do jogo à lá Stackelberg por indução invertida é também uma solução de Nash: o Jogador 2 maximiza, dada a escolha do jogador 1 no primeiro movimento, e dado que o Jogador 2 escolheu, no segundo movimento, usa opção ótima, o Jogador 1 faz o mesmo em seu próximo movimento.

5 CONCLUSÃO

A teoria dos jogos consiste em um modelo utilizado para compreender o comportamento humano em situações em que gestores/pessoas interagem como jogadores, onde suas decisões impactam e são impactadas pelas reações dos demais competidores do mercado, ou seja, o resultado da decisão não depende somente da implementação de estratégia individual, mas também, das estratégias empregadas por outros jogadores. Isto posto, é fundamental que teóricos dessa área

apropriem-se das ferramentas corretamente para especificar situações de tomadas de decisões estratégicas que envolvem jogadores interagindo em ambientes marcados pela competição.

O presente artigo utilizou no contexto da teoria dos jogos duas abordagens distintas para avaliação de duas empresas em regime de concorrência oligopolista distintos: os duopólios de TAM-GOL de Cournot e Stackelberg.

Dentre os principais resultados observados na pesquisa foi considerado importante destacar: (1) com base no estudo de mercado do setor de aviação civil, delineou-se que no âmbito doméstico, a GOL e a TAM dividem suas participações em quantidades de RPK praticamente iguais, com participação conjunta e persistente no decorrer do tempo observado em toda a série, superior a 75%. Essa observação conduziu a análise à utilização do modelo de Representação Extensiva do Jogo de Duopólio Sem Empresa Líder de Cournot; e o jogo não cooperativo de Cournot, caracterizador de uma estrutura dupolista competitiva, onde nenhuma das duas empresas, TAM e GOL, possuía domínio absoluto de mercado, teve como solução pelo método de Nash o par de escolhas em quanto produzir/vender pelas duas empresas ($S_{TP}=2,66$ milhão ; $S_{GP} = 2,30$ milhão), gerando um par de *payoffs* [(2,77 milhão*; 2,39 milhão*)], indicando que neste ponto eles otimizam suas receitas simultaneamente; (2) no âmbito internacional, há concentração de mercado e liderança extrema da TAM com 85,08% do mercado, sendo seguida pela empresa GOL, com 14,92%. Nesse caso, optou-se pela Representação Extensiva do Jogo de Duopólio Com Empresa Líder de Stackelberg. O jogo não cooperativo duopolista de Stackelberg caracterizada pela competição do tipo líder-seguidor, teve como de solução do jogo por indução invertida, que o jogador 2 maximiza os resultados, dada a escolha do ótimo mostraram a empresa líder TAM produz $S_{TP}=1,90$ milhão, auferindo uma receita de $Y_1=0,48$ milhão e a empresa seguidora GOL escolhendo $S_{GC}=0,26$ milhão e auferindo uma receita máxima $Y_2=0,07$ milhão. Diante da realidade do mercado no período avaliado, identificou-se que a GOL ora reduz seu RPK, ora aumenta, embora não traga um padrão proposto pelo modelo de maximização de suas receitas. Ao passo que a TAM busca um padrão de oferta/venda de RPK que traga a maximização de suas receitas, tendo um comportamento constante e previsível de tomada de decisão em relação a oferta de passagens internacionais.

Dessa maneira, conclui-se que, de acordo com os métodos de análise de dados empregados no artigo através do duopólio TAM-GOL no mercado doméstico pela representação extensiva do jogo de duopólio sem empresa líder de Cournot e solucionando o jogo pelo método de Nash, o comportamento estratégico ótimo para as empresas, sinalizou a redução do RPK, tendo como referência RPK médios mensais ($S_{TP}=2,66$ milhão e $S_{GP}=2,30$ milhão).

Em relação ao duopólio TAM-GOL no mercado internacional pela representação extensiva do jogo de duopólio com empresa líder de Stackelberg pelo método de indução invertida, resultou em um *payoff* (receita) para empresa líder TAM de 6,85 vezes mais que para empresa seguidora GOL, pois o par de estratégia de continuidade de vendas de equilíbrio $S_{TP}=1,90$ milhão RPK para TAM, e $S_{GC}=0,26$ milhão para GOL, resultou em receitas de $Y_1= 0,48$ milhão para líder e $Y_2=0,07$ milhões para a seguidora. Sinalizando uma continuidade de vendas RPK para ambas as empresas.

Entre as contribuições pode-se citar os resultados obtidos da prospecção de futuros alternativos, ligados a cenários distintos da oferta de produzir/vender na dinâmica entre TAM-GOL por maiores receitas, sendo fundamental como suporte para tomada de decisões estratégicas nos mercados de linhas aéreas domésticas e internacionais.

Em relação as limitações da aplicabilidade da teoria dos jogos na competição específica do mercado brasileiro de linhas aéreas, onde a TAM e a GOL se inserem, cita-se o fato de que este modelo resume-se aos resultados quantitativos, sendo fundamental investigar juntos aos estrategistas dessas empresas, através de pesquisa qualitativa as possibilidades estratégicas vislumbradas, bem como, as possibilidades que possam vir a ser exploradas por elas em diferentes cenários estratégicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC. *Relatório de Demanda e Oferta do Transporte Aéreo*, janeiro de 2012 a janeiro de 2014. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/estatistica/demandaeoferta/DemandaeOferta.asp>. Acessado em : 21 de abr. 2014.

AVIACAOPAULISTA.COM. **http:** //www.aviacaopaulista.com, 21 mar. 2014. Disponível em: <http://www.aviacaopaulista.com/news/2014/marco/210314_3.htm>. Acesso em: 20 jul. 2014.

AZEVEDO, EM de. Modelo computacional de teoria dos jogos aplicado aos leilões brasileiros de energia elétrica. **Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, universidade Estadual de Campinas**, 2004.

BAYE, M. R. **Economia de empresas e Estratégias de Negócios**. Porto Alegre: ArtMed, 2010.

BENSAKO, D. et al. **A economia da estratégia**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BIERMAN, H. S.; FERNANDEZ, L. **Teoria dos Jogos**. Tradução de Décio Katsushigue KADOTA. São Paulo : Pearson, 2011.

CARRARO, André. Jogos e mercados. **Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Ciências Econômicas, Departamento de Economia**, 1996.

DE AZEVEDO, Marcia Maria Correa. **Prática do Processo Legislativo: jogo parlamentar, fluxos de poder e idéias no Congresso, exemplos e momentos comentados**. Editora Atlas, 2001.

DE SENA, Augusto Marcos Carvalho. *Notas de aula 1 – Funções Univariadas e Multivariadas, Suas Derivadas e o Método de Otimização*. 2014. 5p. Digitado.

DE SENA, Augusto Marcos Carvalho. *Notas de aula 2 - Competição Duopolista: Maximização de Receitas (Funções Multivariadas)*, 2014. 6p. Digitado.

DE SENA, Augusto Marcos Carvalho. *Notas de aula 3 - Competição Duopolista e a Teoria dos Jogos Não-Cooperativos*, 2014. 6p. Digitado.

DE SENA, Augusto Marcos Carvalho. *Notas de aula 4 – Competição Duopolista e Teoria dos Jogos Não-Cooperativos*. 2014. 5p. Digitado.

DE SENA, Augusto Marcos Carvalho. O duopólio das empresas aéreas brasileiras tam e gol: uma aplicação da teoria dos jogos a competição oligopolista estratégica. **RAC-Eletrônica**, v. 2, n. 3, 2008.

FIANI, Ronaldo. **Teoria dos jogos**. Elsevier Brasil, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo : Atlas, 2010.

HANEKE, Uwe; SADDI, Vitória. Prêmio Nobel de Economia de 1994: Contribuições de Nash, Harsanyi e Selten à Teoria de Jogos. **Revista de Economia Política**, v. 15, n. 57, p. 58-69, 1995.

HESSSEL, Rosana. **Líderes do mercado da aviação são cada vez menos brasileiros**. Disponível em: http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2014/03/03/internas_economia,503959/lideres-do-mercado-da-aviacao-sao-cada-vez-menos-brasileiros.shtml (accessed julho 2014, 2014). Acessado em: 20/07/2014.

MARINHO, Raul. **Prática na teoria: aplicações da teoria dos jogos e da evolução aos negócios**. Saraiva, 2005.

MATA, J. Economia da Empresa. **Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian**, 2000.

MINAYO, M. C. D. S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: oposição ou complementariedade? **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 9, n. 3, jul/sete 1993. 239-248.

MONTELLA, Maura. **Micro e Macroeconomia: Uma abordagem conceitual e prática**. Atlas, 2009.

OSBORNE, Martin J. **An introduction to game theory**. New York: Oxford University Press, 2004.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. Microeconomia, 5ª edição. **São Paulo**, 2002.

OSBORNE, Martin J.; RUBINSTEIN, Ariel. **A course in game theory**. MIT press, 1994.

RUIZ, J. A. (1979). **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. São Paulo: Atlas.

SARTINI, Brígida Alexandre et al. Uma introdução a teoria dos jogos. **II Bial da SBM– Universidade Federal da Bahia**, 2004.

TONELLI, Pedro Aldar. Um minicurso em teoria dos jogos. Disponível em: HYPERLINK "<http://www.ime.usp.br/~tonelli/mae515/minicursotj.pdf>". Acessado em: 01/06/2014

APÊNDICE 1 - MERCADO NACIONAL

TAM X GOL: Estratégias e Payoffs no Jogo Competitivo à Cournot

| | STAM | SGOL | RTAM | RGOL |
|------------|------|----------|------|------|
| PESSIMISTA | 2,66 | 2,30 (P) | 1,58 | 1,13 |
| | | 2,54 (C) | 0,79 | 0,62 |
| | | 2,79 (O) | 0 | 0 |
| CONSERVADO | 2,94 | 2,30 (P) | 2,25 | 1,76 |
| | | 2,54 (C) | 1,53 | 1,32 |
| | | 2,79 (O) | 0,81 | 0,76 |
| OTIMISTA | 3,21 | 2,30 (P) | 2,77 | 2,39 |
| | | 2,54 (C) | 2,12 | 2,02 |
| | | 2,79 (O) | 1,46 | 1,53 |

Fonte de Dados: Análise Autor.

Mercado de linhas aéreas domesticas no Brasil: TAM e GOL – jan/2012 a jan/2014

| MERCADO DOMÉSTICO - COURNOT (RPK) | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EMPRESA | jan/12 | fev/12 | mar/12 | abr/12 | mai/12 | jun/12 | jul/12 | ago/12 | set/12 |
| GOL/VRG LINHAS AEREAS | 2.439.904,012 | 2.266.124,448 | 2.324.156,494 | 2.438.899,640 | 2.256.480,583 | 2.284.616,009 | 2.713.809,381 | 2.495.727,190 | 2.427.488,224 |
| GRUPO TAM | 2.793.723,067 | 2.573.182,160 | 2.581.289,226 | 2.794.900,702 | 2.587.199,581 | 2.831.991,499 | 3.448.442,000 | 2.964.972,469 | 2.953.185,129 |
| INDUSTRIA | 7.024.166,230 | 6.597.165,921 | 6.747.693,984 | 7.006.266,653 | 6.682.466,922 | 6.898.900,877 | 8.237.025,159 | 7.311.041,870 | 7.236.089,800 |

| MERCADO DOMÉSTICO - COURNOT (RPK) | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EMPRESA | out/12 | nov/12 | dez/12 | jan/13 | fev/13 | mar/13 | abr/13 | mai/13 |
| GOL/VRG LINHAS AEREAS | 2.473.342,859 | 2.386.935,638 | 2.625.428,226 | 2.789.112,693 | 2.156.909,828 | 2.468.997,341 | 2.455.143,276 | 2.486.116,132 |
| GRUPO TAM | 2.997.020,019 | 3.072.190,635 | 3.329.549,420 | 3.456.028,691 | 2.636.461,754 | 2.678.323,546 | 2.602.407,755 | 2.781.604,341 |
| INDUSTRIA | 7.290.648,654 | 7.120.987,075 | 7.626.838,758 | 8.131.686,763 | 6.329.159,114 | 6.822.629,937 | 6.773.877,796 | 7.033.166,168 |

| MERCADO DOMÉSTICO - COURNOT (RPK) | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EMPRESA | jun/13 | jul/13 | ago/13 | set/13 | out/13 | nov/13 | dez/13 | jan/14 |
| GOL/VRG LINHAS AEREAS | 2.558.189,349 | 2.657.701,953 | 2.466.982,091 | 2.551.830,960 | 2.761.002,852 | 2.711.157,428 | 3.071.173,327 | 3.270.973,533 |
| GRUPO TAM | 2.821.715,643 | 3.411.115,372 | 2.911.631,371 | 2.871.619,744 | 2.983.320,774 | 2.891.148,801 | 3.118.973,103 | 3.348.009,976 |
| INDUSTRIA | 7.098.518,720 | 8.106.727,755 | 7.282.890,436 | 7.198.755,047 | 7.599.531,527 | 7.448.777,266 | 8.234.749,763 | 8.780.738,564 |

| | Médias | Desvios-Padrão | D-P (%) | PARA - (MILHÃO) | MÉDIA (MILHÃO) | PARA +(MILHÃO) |
|-------|--------------|----------------|------------|-----------------|----------------|----------------|
| GOL = | 2.405.245,11 | 136.967,04 | 5,69451478 | 2,27 | 2,41 | 2,54 |
| TAM = | 2.836.542,87 | 259.228,30 | 9,13888182 | 2,58 | 2,84 | 3,10 |

Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autor.

APÊNDICE 2 - MERCADO INTERNACIONAL

TAM X GOL: Estratégias e Payoffs no Jogo Competitivo Stackelberg

| MERCADO INTERNACIONAL - STACKELBERG (RPK) | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EMPRESA | jan/12 | fev/12 | mar/12 | abr/12 | mai/12 | jun/12 | jul/12 | ago/12 | set/12 |
| GOL/VRG LINHAS AEREAS | 223.642,865 | 236.956,401 | 206.031,188 | 209.201,622 | 180.782,060 | 203.173,320 | 310.127,769 | 223.584,860 | 226.401,859 |
| GRUPO TAM | 1.880.503,808 | 1.840.340,387 | 1.918.408,553 | 1.941.019,636 | 1.995.045,051 | 1.906.342,765 | 2.095.115,212 | 1.974.584,965 | 1.978.935,784 |
| INDUSTRIA | 2.130.916,693 | 2.102.321,264 | 2.124.439,741 | 2.150.221,258 | 2.175.827,111 | 2.109.516,085 | 2.405.242,981 | 2.198.169,825 | 2.205.687,851 |

| MERCADO INTERNACIONAL - STACKELBERG (RPK) | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EMPRESA | out/12 | nov/12 | dez/12 | jan/13 | fev/13 | mar/13 | abr/13 | mai/13 |
| GOL/VRG LINHAS AEREAS | 216.421,784 | 202.222,856 | 232.961,899 | 333.421,718 | 260.871,633 | 282.221,769 | 245.719,709 | 253.307,331 |
| GRUPO TAM | 1.982.512,857 | 1.893.516,757 | 2.055.044,764 | 2.278.545,669 | 1.858.190,305 | 2.044.839,698 | 1.937.330,271 | 2.032.580,443 |
| INDUSTRIA | 2.198.934,641 | 2.095.739,613 | 2.288.006,663 | 2.611.967,387 | 2.119.061,938 | 2.327.061,467 | 2.183.049,980 | 2.285.887,774 |

| MERCADO INTERNACIONAL - STACKELBERG (RPK) | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EMPRESA | jun/13 | jul/13 | ago/13 | set/13 | out/13 | nov/13 | dez/13 | jan/14 |
| GOL/VRG LINHAS AEREAS | 250.128,016 | 354.620,638 | 261.590,710 | 269.396,427 | 296.049,565 | 297.100,212 | 347.918,855 | 378.723,150 |
| GRUPO TAM | 1.913.181,190 | 2.117.050,214 | 1.997.120,925 | 2.003.967,703 | 2.122.843,956 | 1.948.354,361 | 2.060.148,024 | 2.160.466,219 |
| INDUSTRIA | 2.163.339,126 | 2.471.862,012 | 2.258.711,635 | 2.273.364,130 | 2.418.893,521 | 2.245.454,573 | 2.408.066,879 | 2.539.189,369 |

| | Médias | Desvios-Padrão | D-P (%) | PARA - (MILHÃO) | MÉDIA (MILHÃO) | PARA +(MILHÃO) |
|-------|--------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|
| GOL = | 260.103,13 | 51.985,67 | 19,98655975 | 0,21 | 0,26 | 0,31 |
| TAM = | 1.997.439,58 | 101.278,69 | 5,070425459 | 1,90 | 2,00 | 2,10 |

Fonte de Dados: Análise Autor.

Mercado de linhas aéreas domesticas no Brasil: TAM e GOL – jan/2012 a jan/2014

| | STAM | SGOL | RTAM | RGOL |
|---|------|----------|------|------|
| P | 1,9 | 0,21(P) | 0,58 | 0,06 |
| | | 0,26 (C) | 0,48 | 0,07 |
| | | 0,31(O) | 0,38 | 0,06 |
| C | 2 | 0,21(P) | 0,41 | 0,04 |
| | | 0,26 (C) | 0,31 | 0,04 |
| | | 0,31(O) | 0,20 | 0,03 |
| O | 2,1 | 0,21(P) | 0,22 | 0,20 |
| | | 0,26 (C) | 0,11 | 0,01 |
| | | 0,31(O) | 0 | 0 |

Fonte de Dados: ANAC, 2014. Análise Autor.