

Sérgio Henrique Paiva de Souza Ramos

*Entrando em um novo mercado:
estudo do Caso Gol utilizando-se
Opções Reais e Teoria dos Jogos*

São Paulo - SP

2006

Sérgio Henrique Paiva de Souza Ramos

**Entrando em um novo mercado: estudo do Caso Gol
utilizando-se Opções Reais e Teoria dos Jogos**

Dissertação apresentada à Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas como requisito para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial

Orientador:
Prof. Dr. Ricardo Ratner Rochman

Campo de Conhecimento:
Avaliação de Investimentos

São Paulo

2006

Sérgio Henrique Paiva de Souza Ramos

Entrando em um novo mercado: estudo do Caso Gol utilizando-se Opções Reais e Teoria dos Jogos

Dissertação apresentada à Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas como requisito para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial

Campo de Conhecimento:
Avaliação de Investimentos

Data de Aprovação:

----/----/-----

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo R. Rochman
(Orientador)
FGV-EAESP

Profa. Dra. Andrea Maria A. F. Minardi
IBMEC-SP

Prof. Dr. Fabio Gallo Garcia
FGV-EAESP

São Paulo
2006

*Dedico esta dissertação aos meus pais,
cujo exemplo de honestidade e trabalho
sempre foi o norte em minha vida,
e à minha esposa, que esteve ao meu
lado em todos os momentos mais difíceis.*

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de dedicar meus sinceros agradecimentos para o meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Ratner Rochman que, antes de tudo, criou a motivação para que todo o meu empenho nesse trabalho, por mostrar em suas aulas e conversas o mundo fascinante da avaliação de investimentos. Agradeço também por todo o tempo empenhado em inúmeras reuniões e revisões do trabalho, pela confiança depositada em mim e pelas várias injeções de ânimo, fundamentais para que eu continuasse focado e motivado para atingir os objetivos planejados.

Agradeço também ao Prof. Dr. Paulo Furquim, por me apresentar ao admirável mundo da Teoria dos Jogos e pelas sugestões na organização desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Andrea Maria A. F. Minardi e Prof. Dr. Fabio Gallo Garcia, por dedicarem o seu tempo a examinar o trabalho e contribuir com toda a sua experiência na área de análise de investimentos.

Com uma participação indireta, mas fundamental, agradeço a compreensão e carinho da minha esposa Adriana, que teve que forçosamente abrir mão da minha companhia por incontáveis noites e finais de semana, mas nunca deixou de estar presente para me motivar sempre que precisei. Aos meus pais, que sempre me ensinaram o valor da determinação e do trabalho árduo, e às minhas irmãs, que também estão no meu coração e não puderam contar com a minha presença em vários dos eventos familiares de final de semana.

Resumo

O trabalho tem como objetivo criar um modelo de avaliação de investimentos para a entrada em um novo mercado que possua duas características fundamentais: que considere a possibilidade de aumentar ou reduzir o projeto ao longo da sua implementação e que incorpore a decisão estratégica através da modelagem de um cenário competitivo, onde os concorrentes reagem à ameaça de um novo participante.

Para ressaltarmos as vantagens dessa nova abordagem de avaliação de investimentos, os modelos tradicionais mais utilizados são analisados brevemente, ressaltando os seus pontos fortes e fracos. Em seguida, explicamos como o modelo de avaliação por opções reais consegue aprimorar avaliação através da análise dos cenários possíveis e das flexibilidades envolvidas. Com a teoria dos jogos, mostramos como a interação de participantes de um mercado pode ser sistematizada e analisada de maneira formal.

O modelo é então demonstrado passo-a-passo, mostrando como devemos tratar os jogos estratégicos em um ambiente de duopólio, determinar o preço de equilíbrio do mercado, o lucro esperado para os participantes, o valor do investimento e criar a árvore binomial que determinará o valor final do processo de avaliação. Através da análise da árvore binomial resultante, é possível também verificar qual foi o tipo de estratégia dominante, seja o investimento simultâneo caracterizando um equilíbrio de Bertrand ou um movimento sequencial, resultando em um equilíbrio de Stackelberg. Por fim, a estratégia de investimento escolhida é associada a alternativas de entrada no mercado, onde podemos comprar a empresa de um concorrente já estabelecido ou construir o novo negócio desde o começo.

Ao final do trabalho, com base no modelo proposto, é apresentado um estudo de caso, onde é feita uma análise de entrada de uma nova empresa em um mercado com concorrentes bem estabelecidos, que poderá indicar pela construção e estabelecimento no mercado desde o início ou pela compra de um concorrente já estabelecido. Para esse estudo foi escolhida a companhia aérea Gol Linhas Aéreas como novo entrante no mercado doméstico de transporte aéreo de passageiros.

Palavras-chave: avaliação de investimentos, opções reais, teoria dos jogos, Gol Linhas Aéreas

Abstract

This work has the goal to create a market entry project valuation model that encompasses two important characteristics: considers the possibility to increase or decrease the project during its execution and incorporates the strategic decision through a competitive scenario modeling, by considering the competitors' reactions to the threat of a new entrant.

The traditional valuation models are discussed briefly, enumerating some arguments for and against its use and create a comparison basis for the proposed model. The real options theory is then used to improve the traditional valuation model through scenario analysis and incorporation of flexibilities related to the project. Finally, with the game theory, its shown how the interactions among the market players can be sistematized and analysed more formally.

The model is demonstrated step-by-step, explaining how the strategic games in a duopoly scenario could be modeled, by determining the equilibrium price, the expected profit earned by each player, the investment return and the binomial tree that will return the final value of the valuation process. Through the analysis of the binomial tree generated, it's also possible to establish what is the dominant strategy for the investment: a simultaneous investment resulting in a Bertrand equilibrium or a sequential movement, resulting in a Stackelberg equilibrium. The investment strategy is then associated to one of the two possible alternatives to enter a new market: by buyout or building of the new business.

At the end of this work, based on the proposed model, it's presented a case study to analyse a new player entry in a specific market, indicating the recommended strategy: for the building or the buyout of a established player. For this study was chosen the airline company Gol Linhas Aéreas, as the new entrant in the brazilian (domestic) market of air transportation of passengers.

Keywords: investment valuation, real options, game theory, Gol Linhas Aéreas

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1	Introdução	p. 13
1.1	Motivação e Contexto do Estudo	p. 13
1.2	Objetivo do Trabalho	p. 14
1.3	Organização do Texto	p. 15
2	Modelos de Avaliação de Investimentos	p. 16
2.1	Introdução	p. 16
2.2	Modelos Tradicionais de Avaliação	p. 16
2.2.1	Principais Modelos Tradicionais de Avaliação	p. 17
2.3	Opções Reais	p. 20
2.3.1	Introdução	p. 20
2.3.2	Modelo Binomial	p. 21
2.3.3	Conclusão	p. 23
3	A Decisão Estratégica	p. 25
3.1	Teoria dos Jogos	p. 25
3.1.1	Dimensões e Estruturas dos Jogos	p. 26
3.1.2	Tipos de Representações de Jogos	p. 26
3.1.3	Solucionando o Jogo	p. 27

3.1.4	Equilíbrio de Nash	p. 27
3.1.5	Jogos Estratégicos	p. 28
3.2	A Maximização do Valor da Empresa	p. 29
3.3	A Escolha de uma Estratégia	p. 30
3.4	A Maximização do Lucro	p. 31
3.4.1	Competição em Quantidade	p. 31
3.4.2	Competição em Preços	p. 31
3.5	Organização Industrial e Teoria dos Jogos	p. 32
3.6	Modelos de Competição para Jogos Simultâneos	p. 32
3.6.1	Modelo de Cournot - Competição em Quantidade	p. 33
3.6.2	Modelo de Bertrand - Competição em Preços	p. 33
3.6.3	Tipos de Reações Competitivas	p. 34
4	Modelo de Tomada de Decisão	p. 35
4.1	Introdução	p. 35
4.2	A Alternativa da Construção	p. 38
4.3	A Alternativa da Compra	p. 38
4.4	Aplicando a Teoria dos Jogos	p. 40
4.5	Derivação do Modelo Genérico	p. 42
4.5.1	Determinando a Função Demanda	p. 43
4.5.1.1	Estimando as constantes da Equação de Demanda	p. 43
4.5.2	Determinando a Função de Custos Variáveis	p. 44
4.5.3	Função Lucro	p. 44
4.5.4	Função Reação e Maximização do Lucro	p. 45
4.5.4.1	Maximização do Lucro e Preço de Equilíbrio em Bertrand	p. 45
4.5.4.2	Maximização do Lucro e Preço de Equilíbrio em Stackelberg	p. 47

4.5.4.3	Preço de Equilíbrio no Monopólio	p. 47
4.6	Modelo de Entrada	p. 48
4.6.1	Alternativas no Modelo de Entrada	p. 48
4.6.1.1	Opção da Compra	p. 49
4.6.1.2	Opção da Construção	p. 49
4.6.2	Modelagem do Jogo em Dois Estágios	p. 49
4.6.3	Construção da Árvore de Decisão	p. 51
4.6.3.1	Determinando os Valores Finais dos Nós	p. 52
4.6.4	Resolvendo os Jogos e as Opções na Árvore de Decisão	p. 53
4.6.5	Valor da Opção	p. 53
4.6.6	Determinação do Valor Final da Opção	p. 54
5	Estudo de Caso	p. 55
5.1	Introdução	p. 55
5.2	O Mercado Brasileiro de Transporte Aéreo	p. 55
5.2.1	Panorama do Setor	p. 56
5.2.2	A Entrada da Gol no Mercado Aéreo	p. 58
5.2.3	Mercado, concorrentes e evolução	p. 60
5.3	A Gol e o Modelo de Negócios	p. 61
5.3.1	Equação de Demanda da Gol e da Concorrência	p. 62
5.3.1.1	Modelo de Custos da Gol e da Indústria	p. 62
5.3.1.2	Determinando a Equação de Demanda	p. 63
5.3.2	Determinando a Função de Demanda do Setor Aéreo	p. 66
5.3.3	Determinando o Preço de Equilíbrio	p. 66
5.3.3.1	A Função Lucro da Gol	p. 66
5.3.3.2	A Função Reação da Gol	p. 67
5.3.4	Determinando o Preço de Equilíbrio	p. 68

5.4	Desenvolvendo o Estudo de Caso da Entrada da Gol	p. 68
5.4.1	Determinação dos Parâmetros do Modelo	p. 68
5.5	As Alternativas de Entrada	p. 70
5.6	Soluciando o Problema e Determinando o Valor das Opções	p. 70
5.6.1	Resultados Obtidos	p. 71
5.6.1.1	Cenário com o dobro da volatilidade original	p. 71
5.6.1.2	Cenário com a metade da volatilidade original	p. 72
5.6.1.3	Cenários com patamares de custos equivalentes	p. 72
6	Conclusão	p. 78
	Referências	p. 80
	Apêndice A – Determinação da Equação de Demanda da Gol e da Concorrência	p. 86
	Anexo A – Derivando o Preço de Equilíbrio	p. 88
	Anexo B – Tabelas com os dados do mercado doméstico de transporte aéreo de passageiros	p. 89
	Anexo C – Glossário	p. 94

Lista de Figuras

1	Modelo Binomial	p. 21
2	Maneiras de se representar um jogo	p. 27
3	Esquema do Modelo Proposto para Avaliação de Investimentos	p. 37
4	Valor da Opção nos cenários de investimento imediato e de espera para investir	p. 39
5	Valor das Opções em diferentes tipos de mercado	p. 40
6	Efeito Estratégico e Estratégias Competitivas	p. 42
7	Funções Reação e Preço de Equilíbrio	p. 46
8	Representação de um jogo para o caso de compra	p. 49
9	Representação de um jogo para o caso da construção	p. 50
10	Jogo de Dois Estágios na Forma Extensiva sob diferentes Estruturas de Mercado	p. 52
11	Ilustração da Indução Reversa	p. 54
12	Evolução da Demanda e Oferta no Mercado Doméstico	p. 57
13	Evolução das Rotas da Gol no Brasil	p. 60
14	Participação das Empresas no Tráfego Aéreo Doméstico	p. 61
15	Determinação do Valor da Opção	p. 74
16	Resultado do Estudo de Caso com a volatilidade em dobro	p. 75
17	Resultado do Estudo de Caso com a volatilidade pela metade	p. 75
18	Resultado do Estudo de Caso com custos iguais e volatilidade igual à metade da original	p. 76
19	Resultado do Estudo de Caso com custos iguais e volatilidade igual ao dobro da original	p. 77

Lista de Tabelas

1	Equações para determinação dos Preços de Equilíbrio	p. 53
2	Informações financeiras e indicadores para a Indústria	p. 63
3	Custos por PAX-km para a Concorrência (Indústria excluindo a Gol) .	p. 63
4	Custos por PAX-km para a Gol	p. 63
5	Simulação da participação da Gol no mercado de acordo com o preço .	p. 65
6	Demonstrativos de Resultado de Empresas Aéreas (2001)	p. 90
7	Evolução do Mercado Aéreo	p. 91
8	Participação no Mercado Aéreo	p. 92
9	Estrutura de Custos no Mercado Aéreo Doméstico	p. 93

1 Introdução

Nesse capítulo são apresentados os objetivos desse trabalho, bem como o contexto onde ele foi desenvolvido. Em seguida, mostramos como a dissertação foi organizada.

1.1 Motivação e Contexto do Estudo

Hoje vivemos em uma época de incertezas. As variáveis que governam as decisões de negócio que são tomadas todos os dias são inúmeras, na maioria das vezes impossíveis de serem estimadas com a precisão necessária. Muitas vezes, essas incertezas são vistas por quem é responsável pela estratégia de negócio como uma grande dificuldade a ser transposta.

Para criar uma estratégia de negócios, os executivos têm que projetar o caminho que desejam percorrer para atingir o objetivo proposto no futuro. No entanto, à medida que os eventos se desenvolvem, o cenário pode também se modificar completamente, devido a mudanças na concorrência, no ambiente macroeconômico ou na própria empresa, de maneira a alterar ou mesmo invalidar os planos iniciais.

No entanto, a abordagem ainda mais usada para avaliar um negócio é a do Valor Presente Líquido (VPL) (COPELAND; ANTIKAROV, 2001, p.57), por isso, as variáveis utilizadas como base para o cálculo são estimadas antecipadamente e não prevêem nenhum tipo de mudança ao decorrer do projeto ou investimento. O que simplesmente não condiz com a realidade.

Além disso, é fácil para um executivo perceber que uma das vantagens em se investir hoje em P&D ou em Marketing é nas oportunidades futuras que serão geradas, em termos de novos produtos ou novos mercados. No entanto, as abordagens convencionais poderiam mostrar que determinado projeto não vale à pena, enquanto que um modelo mais sofisticado ofereceria uma visão diferente, onde a flexibilidade seria levada em conta para a análise de valor de um investimento.

Baseado no modelo criado para Opções Financeiras por Black e Scholes em 1973, Myers (1977) ampliou a análise para ativos reais, chamando essas flexibilidades de *Opções Reais*. No seu trabalho seguinte, Myers (1984) busca explicar as lacunas entre o planejamento estratégico e a teoria de finanças.

Na mesma época, Kester (1984) oferece uma visão alternativa mais completa, que em seu estudo das políticas de criação de orçamentos de empresas da lista *Fortune 500* concluiu que podemos pensar nas oportunidades futuras de investimento como análogas a opções de compra comuns, as Opções Reais. É dele também que define o tipo de opção que usaremos aqui: as opções de crescimento ou *growth options*.

Luehrman (1998a) foi um dos estudiosos da área que propôs um modelo que busca justamente preencher essa lacuna entre as práticas dos projetos do mundo real e os modelos de avaliação de investimentos disponíveis, usando como base a matemática sofisticada da Teoria de Opções Financeiras. Uma melhor abordagem detalhada para tratar essa dificuldade foi proposta no seu trabalho seguinte (LUEHRMAN, 1998b), que propõe um modelo que busca captar tanto a incerteza inerente ao negócio bem como a capacidade de tomada de decisão necessária para buscar a implementação da estratégia.

Smit e Ankum (1993) estendem a análise com a Teoria das Opções Reais para um ambiente competitivo, onde a Teoria dos Jogos é utilizada para simular como a concorrência afeta a decisão de investimento. As Opções Reais foram também muito utilizadas como base para a criação de modelos de tomada de decisão de entrada em novos mercados, como em (SMITH; TRIANTIS, 2001), (SHACKLETON; TSEKREKOSY; WOJAKOWSKIZ, 2004) e (WALDRON,).

A Teoria dos Jogos entra no contexto no sentido de entendermos as interações entre os competidores e implementarmos a estratégia de negócio, considerando as respostas dos concorrentes na tomada de decisão (BRICKLEY; SMITH; ZIMMERMAN, 2000).

1.2 Objetivo do Trabalho

O objetivo desse trabalho é propor um modelo de tomada de decisão para uma empresa que deseja entrar em um novo mercado, aplicado em um estudo de caso. Basicamente, serão empregadas duas teorias em conjunto no modelo:

- Teorias das Opções Reais
- Teoria dos Jogos

As Opções Reais serão empregadas para complementar as avaliações de investimentos com as possibilidades de alteração do cenário do mercado e a Teoria dos Jogos será utilizada para considerarmos as interações entre os concorrentes, abrangendo o cenário competitivo como um todo.

Para o estudo, serão analisadas as duas alternativas principais disponíveis ao entrante, que são a compra de um concorrente estabelecido e a construção do negócio desde o seu começo.

1.3 Organização do Texto

O trabalho foi organizado da seguinte maneira:

1. Introdução: são explicados o cenário do trabalho e seus objetivos;
2. Modelos de Avaliação de Empresas: são explicados os conceitos dos modelos, bem como a superioridade da Teoria das Opções Reais em relação a outros métodos de avaliação;
3. A Decisão Estratégica: apresentamos os conceitos de Teoria dos Jogos e a sua aplicabilidade na solução de problemas de concorrência;
4. Modelo Dinâmico de Entrada: é desenvolvido o modelo que busca utilizar as teorias anteriores em conjunto para ajudar na tomada de decisão pela entrada em um novo mercado;
5. Estudo de Caso: aplicamos o modelo desenvolvido em um cenário real;
6. Conclusão: são apresentadas as conclusões finais do trabalho.

2 *Modelos de Avaliação de Investimentos*

2.1 Introdução

A abordagem tradicional de avaliação de investimentos utiliza os conceitos de Fluxos de Caixa Descontados, onde os fluxos de caixa esperados são trazidos a valor presente utilizando-se uma *taxa de desconto* que reflete os riscos desse fluxos. Uma alternativa dessa mesma estratégia é fazer ajustes de riscos nos próprios fluxos de caixa e, em seguida, descontá-los pela taxa livre de risco.

No entanto, essa abordagem possui uma clara restrição: não trata as flexibilidades, ou seja, a possibilidade de agir *durante* o período do investimento, seja para aumentá-lo, reduzi-lo, ou mesmo interrompê-lo. As flexibilidades também explicam porque um investimento avaliado por VPL pode não ser viável, mas mesmo assim ser considerado uma escolha estratégica. Nesse caso, a sua execução pode gerar novas oportunidades que também deveriam ser consideradas.

A idéia de se utilizar as Opções Financeiras para avaliar ativos reais revolucionou tanto a teoria quanto a prática da avaliação de negócios, dando origem à Teoria das Opções Reais, que analisaremos ao final do capítulo.

2.2 Modelos Tradicionais de Avaliação

A literatura oferece várias alternativas para a avaliação de um investimento, todas elas possuindo diversas vantagens e desvantagens, assim como cenários onde é mais recomendável utilizar uma ou outra.

Além das Opções Reais, enumeramos os seguintes *Modelos Tradicionais de Avaliação*:

1. Taxa de Retorno Contábil (*book rate of return*)

2. Payback
3. Taxa Interna de Retorno (TIR)
4. Avaliação Relativa
5. Valor Presente Líquido

2.2.1 Principais Modelos Tradicionais de Avaliação

A **Taxa de Retorno Contábil**, ou *book rate of return*, é facilmente calculada dividindo-se os valores contábeis do retorno esperado de investimento pelo valor dos ativos que devem ser investidos.

$$\text{Taxa de Retorno Contábil} = \frac{\text{Lucro Contábil}}{\text{Ativos Investidos}} \quad (2.1)$$

Como trata de valores contábeis, possui pelo menos duas deficiências muito claras: depende de como as movimentações contábeis foram classificadas e utiliza dados históricos. E porque a contabilidade prevê certa flexibilidade na classificação dos seus lançamentos, torna-se difícil principalmente fazer comparativos ao longo do tempo ou entre diferentes investimentos ou empresas. Quanto aos dados históricos, a dificuldade é mais clara de ser percebida: a rentabilidade é característica do passado e a mesma pode não ser repetida no período seguinte (BREALEY; MYERS, 2003, p. 326-329).

Apesar desses problemas, essa medida ainda é levada em conta pelos investidores quando analisam uma empresa. No entanto, ela não é apropriada para ser utilizada sozinha em uma análise de um novo investimento.

Uma outra medida ainda bastante utilizada, chamada de **Período de *Payback*** (ou simplesmente *payback*) é uma medida de tempo, mostrando em quantos anos o fluxo de caixa acumulado se iguala ao investimento inicial. Para se tomar uma decisão sobre o investimento, é estabelecido de início um "período de corte", ou seja, o tempo máximo esperado para que o investimento dê o retorno esperado. Projetos com *paybacks* menores (ou iguais) que o período corte são aceitos, projetos com *paybacks* maiores são rejeitados.

Apesar de ser uma medida ainda amplamente utilizada no Brasil, possui problemas sérios (BREALEY; MYERS, 2003, p. 95-96):

1. O *payback* simplesmente ignora todos os fluxos de caixa que ocorrem depois do período de corte;

2. Todos os fluxos de caixa antes do período de corte têm o mesmo peso, apesar de serem mais vantajosos os que ocorrem mais cedo;

A **Taxa Interna de Retorno (TIR)** é definida como a taxa de desconto que faz com que o Valor Presente Líquido (VPL) seja zero.

$$VPL = C_0 + \frac{C_1}{1 + TIR} + \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} + \cdots + \frac{C_T}{(1 + TIR)^T} = 0 \quad (2.2)$$

A regra para aceitação de um projeto de investimento indica que ele deve ser aceito se o custo de oportunidade de capital é menor do que a TIR.

Apesar da TIR também ter alguns problemas, ela é uma medida muito melhor do que as mencionadas anteriormente. No entanto, a sua maior crítica é que ela é mais complicada que o VPL, e na melhor das hipóteses, dá o mesmo resultado (BREALEY; MYERS, 2003, p. 98-104).

Devido à sua aparente simplicidade de cálculo, a **Avaliação Relativa ou Avaliação por Múltiplos** é um dos métodos mais difundidos de avaliação de empresas. Quando possível, são feitas comparações entre os múltiplos de uma mesma indústria, ou então, quando não existem empresas de um determinado setor, com capital aberto e negociadas em bolsa de valores, avalia-se determinada oportunidade de investimento apenas através dos múltiplos de empresas estrangeiras comparáveis (SANTIAGO FILHO; FAMÁ, 2001).

Esse método possui aplicação principalmente na decisão de aquisição de empresas ou na avaliação de preços de ações. No entanto, para ser aplicado no cenário de decisão por um novo investimento, seria necessário encontrar projetos semelhantes, o que seria praticamente impossível, inviabilizando o seu uso para o nosso caso.

O método do **Valor Presente Líquido (VPL)** é bastante intuitivo, trazendo os Fluxos de Caixa Planejados para valor presente, utilizando uma taxa de desconto apropriada. Mais especificamente, consideramos a projeção do fluxo de caixa livre (FCF = *Free Cash Flow*). Quanto a este, duas alternativas são propostas: fluxo de caixa livre para a firma (FCFF - *Free Cash Flow to the Firm*) e fluxo de caixa livre para os acionistas (FCFE - *Free Cash Flow to the Equity*). O conceito de *fluxo caixa livre* leva em conta valores do fluxo de caixa operacional, líquido de tributos, diminuídos do caixa necessário aos investimentos em capital de giro e em ativos fixos. Esse fluxo se chama fluxo de caixa livre para a firma (FCFF) (DAMODARAN, 1996, cap. 11 e 12).

Quando temos o FCFF, usamos o custo médio ponderado de capital (*WACC - Weighted Average Cost of Capital*) como taxa de desconto. Para isso, usamos a taxa de desconto

o custo médio ponderado pelos diversos tipos de capitais de terceiros ($K_d = \text{Cost of Debt}$) reduzido do *tax shield* ($T_c = \text{taxa de imposto}$) e também do capital próprio dos acionistas ($K_e = \text{Cost of Equity}$).

$$WACC = K_d(1 - T_c)\frac{D}{V} + K_e\frac{E}{V} \quad (2.3)$$

No entanto, apesar de ser um método mais sofisticado e preciso, o VPL pode levar a casos onde o investimento é rejeitado enquanto deveria ser aceito. Isso acontece porque não consideramos a flexibilidade, ou seja, a possibilidade de se executar o mesmo investimento no futuro (ROSS, 1995). Isso é justamente o que as Opções Reais buscam acrescentar à análise.

Segundo Luenberger (1998), o método baseado no VPL é uma melhor alternativa do que a TIR. Além disso, esse é o método mais empregado atualmente, pois uma pesquisa nos EUA citada por Copeland e Antikarov (2001) indicam que VPL era usado por apenas 19% das empresas em 1959, enquanto que em 1978 esse percentual já subia para 86% .

No Brasil, o trabalho de Eid mostra que:

...

as técnicas mais utilizadas pelas empresas são a TIR e o *payback*. Globalmente 52% das empresas fazem uso da TIR em algum momento, contra 51% que utilizam o *payback* e 41% que se utilizam do VPL. É de se ressaltar o grande número de empresas que se utilizam do *payback* como método de análise de investimentos, individualmente é o método mais utilizado, apesar das restrições a ele feitas pela teoria financeira. Por outro lado, a metodologia mais recomendada em termos acadêmicos, o VPL, é a menos utilizada (EID JUNIOR, 1996)

No entanto, Myers (1984) no seu estudo da dificuldade de conciliação entre a Estratégia Financeira e Teoria de Finanças, analisa que o VPL tem sido muitas vezes mal empregado, seja por problemas de entendimento da teoria financeira ou por problemas organizacionais, que distorcem os fluxos de caixa e as taxas de desconto e, conseqüentemente, o valor final do VPL. Além disso, destaca que é complicado estimar os relacionamentos entre os fluxos de caixa previstos e, muito mais difícil, tratar a conexão entre os investimentos feitos hoje com as oportunidades que eles gerarão no futuro.

Para tratar as oportunidades futuras geradas por projetos executados hoje, não podemos tratar como simplesmente uma série de projetos encadeados, onde calculamos o VPL dos projetos conectados. Isso não funciona porque o segundo projeto é uma *opção*. Se o primeiro projeto fracassa, devemos interromper todos os projetos para minimizar as

perdas. Quando o temos sucesso no primeiro empreendimento, podemos imediatamente passar para o seguinte. Ou seja, com o investimento no primeiro projeto, temos também uma opção de compra (*call*), que pode ser executada ou não.

2.3 Opções Reais

2.3.1 Introdução

Segundo Dixit e Pyndick:

A economia define investimento como ato de incorrer em custo imediato na expectativa de recompensas futuras. Firms que constroem fábricas e instalam equipamentos, comerciantes que investem em estoque de bens para revenda, e pessoas que gastam tempo em educação são todos investidores neste sentido. Algo menos óbvio é uma empresa que fecha uma fábrica deficitária estar também *investindo*: os pagamentos feitos para quitar as suas obrigações contratuais, incluindo multas e rescisões de contratos de trabalho, são apenas as despesas iniciais, e o retorno futuro é a redução nas perdas futuras. (DIXIT; PINDYCK, 1996)

A maior crítica que se faz aos modelos tradicionais de avaliação é justamente na dificuldade em se incluir a **flexibilidade**, ou seja, as alternativas disponíveis *antes* ou *durante* a execução do investimento. O artigo de Myron Scholes sobre a Teoria das Opções gerou o hoje famoso modelo de Black-Scholes (1973), oferecendo a base para a precificação de opções e derivativos. Posteriormente, o escopo foi estendido para incluir ativos do "mundo real", buscando justamente incluir a flexibilidade na avaliação e dando origem à *Teoria das Opções Reais* (MYERS, 1977). O desenvolvimento de modelos continuou com Tourinho (1979), Kester (1984), Brennan e Schwartz (1985) e McDonald e Siegel (1986).

Para uma empresa ter uma Opção Real, são necessários três pre-requisitos:

1. *O investimento é parcialmente ou completamente irreversível.* Ou seja, o custo inicial do investimento é pelo menos parcialmente perdido no momento em que o projeto é iniciado;
2. *Existem incertezas quanto ao retorno investimento.* O investimento pode depender de diversas variáveis, sob o domínio ou não do investidor;
3. *Existe flexibilidade quanto à data de início do projeto.* É possível adiar o investimento até que o cenário fique mais claro.

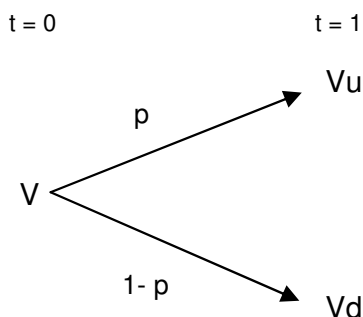
No estudo de Schmidt (2003) temos a comparação entre os métodos de Avaliação tradicionais e os baseados em Opções Reais, como o de Amram e Kulatilaka (1999) e os de Luehrman (1998a) e (1998b).

No Brasil, as Opções Reais vêm sendo muito estudadas, principalmente em aplicações relacionadas ao petróleo. O primeiro site relacionado na ferramenta de buscas Google (GOOGLE, 2006), quando executamos uma busca com o termo *Real Options* é brasileiro (DIAS, 2004) e trata desse tema, assim como o artigo de Saito, Schiozer e Castro (2000).

Desde o final da década de 90 vários artigos foram apresentados em seminários (LINTZ; SOUSA, 2001) e publicados em revistas especializadas, como Martinez (1998), que trata de Opções Reais nos contratos de leasing e Minardi (2000), que busca integrar a estratégia e Finanças via Opções Reais. Para criar um modelo de gestão baseado no valor que considerasse tanto as flexibilidades quanto as restrições, Rochman (2005) buscou conciliar a teoria de criação de valor para o acionista com as Opções Reais e a Teoria das Restrições.

2.3.2 Modelo Binomial

O Modelo Binomial, desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979), é um modelo de avaliação de opções para o tempo discreto. Em cada período, o ativo só poderá assumir uma das duas alternativas de valor. Como a Figura 1 mostra, os movimentos de subida e descida determinam os caminhos possíveis. Assumindo que o valor inicial do ativo é V , no período seguinte ele poderá valer Vu no caso de aumento (com a probabilidade p) e Vd no caso de diminuição (com a probabilidade $1 - p$), onde u é o multiplicador de crescimento e d de decréscimo.



Fonte: Adaptado de COX; ROSS; RUBINSTEIN, 1979, p.4

Figura 1: Modelo Binomial

Podemos aplicar uma abordagem *neutra em relação ao risco* ao Modelo Binomial, onde o retorno esperado do ativo-base é a taxa livre de risco r , mas a volatilidade σ , será a mesma observada no ativo analisado. Nessa progressão contínua, o retorno esperado em cada período será (AMRAM; KULATILAKA, 1999, p.115):

$$\frac{pVu + (1-p)Vd}{V} = e^r, \text{ onde } r = (1 + r_f) \quad (2.4)$$

A probabilidade p pondera os retornos para obter a taxa livre de risco e é chamada de probabilidade neutra a risco.

Considerando também o tempo t , temos:

$$V_t = Vr = pVu + (1-p)Vd \quad (2.5)$$

Portanto,

$$p = \frac{r - d}{u - d} \quad (2.6)$$

A variância de

$$\Delta S = S^2 \sigma^2 \Delta t \quad (2.7)$$

Da estatística, temos que

$$\sigma^2 = E(Q^2) - (E(Q))^2 \quad (2.8)$$

Da mesma maneira, igualando a variância do retorno do Modelo Binomial com a observada em uma distribuição normal, ou seja, substituindo 2.5 e 2.7 em 2.8, temos:

$$pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 = \sigma^2 \Delta t \quad (2.9)$$

Uma solução para as equações anteriores assume que o ativo-base tem movimentos de subida e descida simétricos, ($u = 1/d$):

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}}; d = e^{-\sigma\sqrt{t}} \quad (2.10)$$

$$p = (e^r - d)/(u - d) \quad (2.11)$$

A mesma equação na forma discreta:

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d} \quad (2.12)$$

Para determinarmos o valor da opção real usaremos o modelo chamado *abordagem probabilística neutra ao risco*. Segundo Copeland e Antikarov:

Ela parte de um portfólio de *hedge* composto de uma ação do ativo subjacente sujeito a risco e uma posição de m ações da opção que está sendo apreçada (...). O coeficiente de *hedge*, m , é escolhido de tal forma que o portfólio esteja livre de risco no curto período próximo. (COPELAND; ANTIKAROV, 2001, p.97)

Segundo esse modelo, se sabemos os valores esperados da opção no período seguinte (C_u e C_d), podemos determinar o seu valor presente C_0 .

$$C_0 = \frac{pC_u + (1 - p)C_d}{1 + r_f} \quad (2.13)$$

Essa determinação do valor presente baseado nos valores esperados também é conhecida como *solução por indução reversa*.

2.3.3 Conclusão

O entendimento que as empresas são nada mais do que um conjunto de projetos ou um conjunto de opções de investimento, para as quais os dirigentes possuem o direito (e não a obrigação) de exercê-las, nos leva imediatamente à analogia com as opções financeiras, sugerindo que análise via Opções Reais seria a melhor abordagem para ajudar na tomada de decisão. No entanto, ainda existem resistências para a utilização desse método (TRANTIS, 2005, p.8), principalmente devido ao argumento que as decisões de negócio são muito mais complexas do que as opções financeiras e inviabilizariam a aplicação de um modelo como o Black-Scholes, por exemplo. No entanto, a dificuldade parece ser muito mais relacionada à escolha do modelo do que à sua aplicação propriamente dita (COPELAND; TUFANO, 2004).

Apesar de ainda existir uma lacuna entre a teoria e a utilização efetiva das Opções Reais na tomada de decisão nas empresas (TRANTIS, 2005) e (BORISON, 2005), considera-

mos que essa é uma ferramenta indispensável para se conseguir implementar a Estratégia Financeira, pois, sem o seu apoio, não temos como tratar as flexibilidades e capturar o valor que essas possibilidades oferecem.

3 *A Decisão Estratégica*

Dentre os tipos de decisões de investimento que uma empresa pode tomar estão as decisões *estratégicas*. Esse tipo de decisão se distingue dos outros tipos de decisões porque leva em conta as possíveis reações dos outros concorrentes, assim como os possíveis resultados positivos ou negativos das mesmas. Portanto, uma análise das possíveis reações da concorrência é essencial para que uma empresa crie a sua estratégia competitiva.

A Teoria dos Jogos nos ajuda a sistematizar as possíveis reações da concorrência, assim como determinar quais tipos de ações que irão resultar em reações positivas ou negativas por parte dos competidores.

3.1 Teoria dos Jogos

A teoria dos jogos, que possui seus primeiros ancestrais tão remotos como no antigo Talmud da Babilônia, possui diversos trabalhos que hoje podem ser relacionados ao mesmo tema desde o século XVIII (SMIT; TRIGEORGIS, 2004, p. 210). No entanto, foram com os trabalhos de John von Neumann e Oskar Morgenstern (1944) e, em seguida John F. Nash (1951), que a Teoria dos Jogos se tornou a ferramenta mais utilizada para a sistematização e análise formal das interações estratégicas entre os participantes de um ambiente competitivo. Os seus conceitos passaram a ser utilizados na análise de problemas de Finanças Corporativas na década de 70, focando principalmente em problemas de *assimetria de informações* entre agente e principal, com jogos de sinalização como nos artigos de Ross (1977), Leland e Pyle (1977) e Bhattacharya (1979).

Na análise de um jogo são analisados quatro componentes: os jogadores, as ações possíveis, os momentos em que as ações podem ser tomadas e os possíveis resultados de cada ação. Segundo Smit e Trigeorgis (2004), a Teoria dos Jogos pode ser útil na análise de estratégias de investimento por principalmente duas razões: primeira, a sua modelagem pode ajudar a reduzir um problema de estratégia complexo em uma estrutura analítica

simples, com os quatro componentes; segunda, a Teoria dos Jogos é uma ferramenta de avaliação para decisões estratégicas porque engloba um conceito que permite que entendamos e possamos prever como os competidores irão se comportar, como também provê a estratégia de equilíbrio e seus valores.

3.1.1 Dimensões e Estruturas dos Jogos

Para estruturarmos e resolvermos um jogo, temos as quatro dimensões descritas a seguir:

1. *Os Jogadores*: são os participantes do jogo, que podem decidir quais ações serão tomadas dadas as alternativas disponíveis;
2. *A Ordem das Jogadas*: as jogadas possíveis são interdependentes, ou seja, um jogador leva em conta os possíveis movimentos do oponente para escolher o que fazer. Com relação à ordem das jogadas, temos dois tipos de jogos, dependendo se um jogador pode ou não observar os movimentos do oponente antes de tomar a sua decisão: *jogos seqüenciais*, onde um jogador conhece de antemão a ação escolhida pelo oponente e *jogos simultâneos*, onde os jogadores não sabem qual foi a jogada escolhida pelo oponente;
3. *Ações Disponíveis e Conjunto de Informações*: os jogadores possuem alternativas de ações diferentes, que devem ser tomadas baseadas em informações que podem não ser as mesmas. Utilizando-se das informações disponíveis, os jogadores fazem as escolhas que irão resultar no maior retorno (ou utilidade) possíveis. Em *jogos de informação perfeita*, todos os jogadores têm acesso às mesmas informações, enquanto nos *jogos de informação imperfeita* os jogadores sofrem de assimetria de informações;
4. *Possíveis Resultados*: cada seqüência de jogadas pode resultar em um tipo de resultado para cada jogador, que busca sempre maximizar o seu retorno;

3.1.2 Tipos de Representações de Jogos

A situação de interação estratégica pode ser representada na *Forma Normal* ou na *Forma Extensiva* (veja a Figura 2). A primeira sumariza os resultados (*payoffs*) em uma tabela dois-por-dois (para jogos de dois jogadores) e a segunda utiliza uma árvore de decisão do tipo da exposta por Magee (1964). Quando existe uma linha entre dois nós

de uma representação na forma extensiva, temos um caso de jogo simultâneo, onde um jogador não sabe qual foi a escolha do outro jogador e, por isso, não tem essa informação para ajudá-lo na escolha de sua ação.

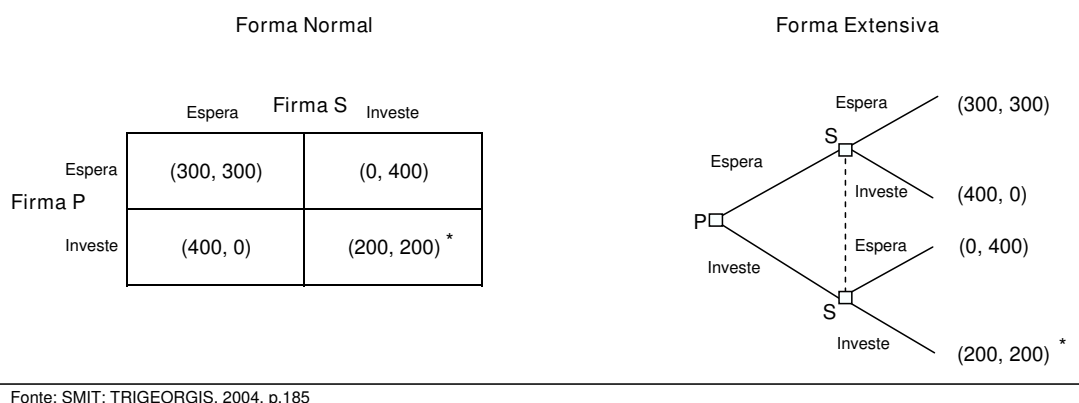


Figura 2: Maneiras de se representar um jogo

Em ambas as formas os resultados são representados para cada uma das quatro combinações das duas ações que são possíveis no jogo (*Investe* ou *Espera*), na forma de (Retorno para a Firma P, Retorno para a Firma S).

3.1.3 Solucionando o Jogo

A solução do jogo passa por entender o comportamento dos jogadores através do entendimento das suas ações ótimas ao longo das alternativas possíveis. Como pressuposto, assumimos que os jogadores são *racionais*, ou seja, que suas ações são tomadas de maneira consistente e baseadas nas informações disponíveis.

Como solução, devemos buscar um *Equilíbrio de Nash*, que é um conjunto de estratégias em que um jogador não pode melhorar o seu estado alterando a sua própria posição ou estratégia.

3.1.4 Equilíbrio de Nash

Na Teoria dos Jogos, o Equilíbrio de Nash é um tipo da estratégia coletiva ótima em um jogo que envolve dois ou mais jogadores, onde nenhum jogador tem nada a ganhar alterando somente a sua própria estratégia. Se cada jogador escolher uma estratégia e nenhum jogador puder se beneficiar mudando a sua estratégia quando os outros jogadores

mantiverem as deles inalteradas, então o conjunto atual de escolhas estratégicas e os correspondentes resultados (*payoffs*) constituem um equilíbrio de Nash. Na Figura 2, os equilíbrios de Nash aparecem marcados com um asterisco.

O conceito do equilíbrio de Nash (NE) não é exatamente original, mas uma extensão do trabalho de Antoine Augustin Cournot. Entretanto, conforme John Nash mostrou pela primeira vez na sua dissertação, *Non-cooperative Games* (1951), que os equilíbrios de Nash devem existir para todos os jogos finitos com qualquer número de jogadores. Até Nash, isto tinha sido provado somente para jogos de dois jogadores e soma-zero por John von Neumann e Oskar Morgenstern.

3.1.5 Jogos Estratégicos

Em Smit e Trigeorgis (2004) vemos como a Competição Estratégica pode ser analisada quando usamos a Teoria dos Jogos em conjunto com as Opções Reais. Para tratarmos esses jogos, além de ser levados em conta os mesmos passos utilizados baseados na Teoria dos Jogos, incluímos também a Análise das Opções Reais. Dessa maneira, seguimos os seguintes passos na análise de jogos estratégicos:

1. *Encontre as estratégias dominantes:* para jogos de movimentos simultâneos, podem haver estratégias que são melhores para os jogadores **independentemente** das possíveis escolhas dos outros jogadores. Essas são chamadas estratégias dominantes;
2. *Elimine as estratégias dominadas:* através dessa estratégia, é possível determinar quais são as estratégias que nunca seriam escolhidas pelos jogadores e, sucessivamente, determinar as estratégias dominantes e a solução do jogo;
3. *Encontre o Equilíbrio de Nash (NE) em estratégias puras:* nem todos os jogos podem ser solucionados por eliminação de estratégias dominadas. Nesse caso, é necessário examinar todo o jogo para verificar se não existe um Equilíbrio de Nash;
4. *Encontre o Equilíbrio de Nash em estratégias mistas:* quando não existe um NE em estratégias puras, as ações ótimas de cada jogador podem ser determinadas de acordo com as probabilidades de cada movimento. Essa solução busca adicionar o *imprevisível*, ou prever que os jogadores explorem o comportamento sistemático dos outros participantes;
5. *Use indução reversa para determinar a solução de um jogo seqüencial:* quando temos um jogo seqüencial, a solução por eliminação de estratégias dominadas pode

não funcionar, pois a competição se altera com o andamento do jogo. Nesse caso, como cada jogador observa o movimento do seu oponente antes de tomar a decisão sobre o seu movimento, o jogo poderá ser solucionado observando-se os retornos finais e as decisões lógicas que foram tomadas até se chegar nesse ponto;

6. *Encontre um equilíbrio perfeito de sub-jogo*: quando temos um jogo com mais de uma etapa, eles são divididos em *sub-jogos*, que são resolvidos em separado, buscando-se os NEs para cada um deles. Cada sub-jogo possui as seguintes propriedades (1) possui um nó inicial, (2) quando um jogador inicia um sub-jogo, ele continua jogando o sub-jogo pelo restante do jogo; (3) todas as informações disponíveis para o sub-jogo estão disponíveis para o jogo inicial;
7. *Utilize a avaliação por equivalente-certeza ou as opções reais na indução reversa para solucionar o jogo*: nos jogos de opções a utilidade esperada normalmente utilizada na teoria dos jogos é substituída pelo *valor das opções reais*. Para solucionar o equilíbrio para jogos sob incerteza, é feita a indução reversa nos ramos da árvore usando a teoria dos jogos em conjunto com as opções reais. Isso envolve a utilização das probabilidades neutras a risco para calcular as opções em cada um dos ramos da árvore de decisão (veja 2.3.2). Dessa maneira, é possível avaliar estratégia completas utilizando ferramentas consistentes com a economia moderna e a teoria de finanças.

3.2 A Maximização do Valor da Empresa

Como vimos na seção 2.2.1, a avaliação de uma empresa utilizando-se o VPL passa pela estimativa do seu Fluxo de Caixa Livre, que é o valor que está disponível para pagar aos investidores após todos os investimentos necessários para crescer (BREALEY; MYERS, 2003, p.75). Considerando que o objetivo final é a maximização do valor da empresa para o acionista, podemos considerar simplificadaamente que a taxa de investimento é constante e que devemos maximizar os *lucros* da empresa.

Os lucros são definidos como receitas menos custos. Se uma empresa produz n produtos (q_1, \dots, q_n) e utilize m insumos (x_1, \dots, x_m) , com o preço final dos produtos (p_1, \dots, p_n) e dos insumos (w_1, \dots, w_m) .

O lucro (π) que uma empresa recebe, pode ser expresso como:

$$\pi = \sum_{i=1}^n p_i q_i - \sum_{j=1}^m w_j x_j \quad (3.1)$$

Onde o primeiro termo é a receita e o segundo é o custo, incluídos aí todos os fatores de produção utilizados na empresa a preços de mercado.

Em um ambiente competitivo, que chamamos também de *concorrência pura*, podemos assumir que a empresa não tem influência significativa sobre os preços p que pratica, esse é dado pelo mercado. Nesse sentido, o problema de maximização fica reduzido a:

$$\max_q \pi = pq - c(q) \quad (3.2)$$

onde o objetivo da empresa é determinar $q \geq 0$, que é a quantidade produzida. Para encontrar a oferta ótima, q^* , temos as condições de primeira ordem $p - c'(q^*) = 0$ e de segunda ordem $-c''(q^*) \leq 0$. A condição de primeira ordem diz que o preço (ou receita marginal) é igual ao custo marginal e a de segunda ordem diz que os custos marginais devem ser crescentes.

Em uma outra forma de estrutura de mercado, como o *oligopólio*, a concorrência se dá de maneira diferente, pois existem muitos concorrentes que exercem influências sobre os preços praticados. Nesse tipo de ambiente, conseguimos verificar mais facilmente as interações estratégicas entre os concorrentes.

3.3 A Escolha de uma Estratégia

Para simplificar o nosso modelo, vamos tratar da interação de duas empresas, estrutura conhecida como *duopólio*. Em um caso onde temos empresas com uma produção homogênea, existem quatro variáveis de interesse: os preços cobrados (p_i e p_j) e as quantidades produzidas (q_i e q_j) por cada uma delas (VARIAN, 2003).

Se tratamos de um cenário onde uma empresa pode observar a movimentação da concorrente para a sua tomada de decisão, temos um **jogo seqüencial** onde a primeira empresa é chamada de *líder* e a segunda de *seguidora*, que podem interagir alterando os seus *preços* ou *quantidades* produzidas.

Quando as empresas não sabem de antemão quais decisões foram tomadas pela concorrente, temos um caso de **jogo simultâneo**, onde as decisões sobre preços ou quantidades são estabelecidos no mesmo momento.

3.4 A Maximização do Lucro

Para estudarmos a maximização do lucro da empresa passa pelo entendimento de qual tipo de interação existe no mercado (seqüencial ou simultânea) e qual é a variável de interesse (preço ou quantidade).

3.4.1 Competição em Quantidade

Quando temos um cenário de competição em quantidade de maneira seqüencial, temos um modelo conhecido como **Modelo de Stackelberg**, economista que tratou da interação líder-seguidor. Nesse ambiente, no caso da competição por quantidade, a empresa líder irá determinar o seu volume de produção baseando-se na quantidade que espera que a seguidora produza. Dessa maneira, temos que entender o problema de maximização de lucro da seguidora e baseamos na equação 3.2 para determinar o lucro da seguidora (π_s):

$$\max_{q_s} \pi_s = p(q_l + q_s) - c_s(q_s) \quad (3.3)$$

onde q_l e q_s são as quantidades produzidas pela líder e pela seguidora, respectivamente e $c_s(q_s)$ é a função custo da seguidora.

Portanto, o lucro da seguidora depende da escolha de produção da líder, que é considerada pré-determinada e constante por sua perspectiva. Ou seja, a escolha maximizadora de lucros da seguidora dependerá da escolha feita pela líder.

$$q_s = R_s(q_l) \quad (3.4)$$

A função R_s nos fornece a quantidade que a seguidora deverá produzir para maximizar o seu lucro como uma função da escolha da quantidade que a líder escolheu para a sua produção. Ela é chamada de **função reação**, por indicar como a seguidora irá reagir à quantidade estabelecida pela líder.

3.4.2 Competição em Preços

Quando a variável em questão é o preço, nesse jogo seqüencial, temos um cenário bastante parecido com o anterior. No entanto, podemos observar que a seguidora poderia

sempre estabelecer o mesmo preço que a empresa líder. Em um ambiente com produtos homogêneos, todos os consumidores iriam preferir a empresa com o menor preço. Por isso, quando a líder estabelece o preço p , a seguidora tem esse preço como dado e escolhe a produção que maximize o seu lucro.

$$\max_{q_s} p q_s - c_s(q_s) \quad (3.5)$$

3.5 Organização Industrial e Teoria dos Jogos

Com o avanço dos estudos de Microeconomia e Organização Industrial tornou-se necessário criar modelos que tratassem melhor a interação estratégica entre os concorrentes, onde os modelos de Teoria dos Jogos vieram a ser utilizados amplamente. Na verdade, o processo se deu em ambos os sentidos, como dizem Bagwell e Wolinsky em seu trabalho:

Game theory has become the standard language of industrial organization: the industrial organization theory literature is now presented almost exclusively in terms of game theoretic models. But the relationship is not totally one-sided. First, the needs of industrial organization fed back and exerted a general influence on the agenda of game theory. Second, specific ideas that grew out of problems in industrial organization gained independent importance as game theoretic topics in their own right. Third, it is mostly through industrial organization that game theory was brought on large scale into economics and achieved its current standing as a fundamental branch of economic theory (BAGWELL; WOLINSKY, 2002)

Por essa razão, a Teoria dos Jogos é a ferramenta utilizada no trabalho para governar a interação estratégica entre os participantes, mostrando como cada um deles reage a uma movimentação do concorrente e como são determinados os equilíbrios nesses mercados.

3.6 Modelos de Competição para Jogos Simultâneos

A decisão estratégica pode envolver uma série de movimentos, considerando-se ou não a movimentação do concorrente. A Organização Industrial visa estudar essas ações do ponto de vista da interação estratégica, e podemos destacar dois modelos de jogos simultâneos amplamente conhecidos: o de competição por quantidade de Cournot e de duopólio de competição de preços de Bertrand.

3.6.1 Modelo de Cournot - Competição em Quantidade

O modelo de competição por quantidade foi desenvolvido em 1838 por Augustin Cournot, com o objetivo de estudar a competição em um oligopólio onde as empresas determinam as quantidades ou capacidades. A demanda do consumidor determina o preço de equilíbrio do mercado.

O modelo foi criado para explicar como as empresas em um duopólio escolhem a capacidade de maneira a maximizarem o seu lucro. O modelo original é um jogo de um estágio e possui as seguintes premissas:

- Há mais de uma empresa e todas as empresas produzem um produto homogêneo
- As empresas não cooperam
- Existem barreiras à entrada
- As empresas competem nas quantidades e as escolhem simultaneamente
- As empresas se comportam de maneira estratégica, ou seja, levam em conta a concorrência para a tomada de decisão

3.6.2 Modelo de Bertrand - Competição em Preços

No caso da competição por preços, temos uma situação onde as empresas estabelecem seus preços e o mercado (os consumidores) determinam a quantidade que será vendida. Esse modelo foi desenvolvido por Joseph Bertrand em 1883 para determinar os lucros de uma empresa que compete por preços em um cenário de duopólio.

Podemos assumir, por simplicidade, que a demanda pelo produto é linear com relação aos preços, como descrita em Smit e Trigeorgis (2004):

$$Q_i(P_i, P_j) = \theta - bP_i + dP_j \quad (3.6)$$

Ou seja, a quantidade vendida por uma empresa i é dada por um parâmetro de demanda θ constante, é uma função negativa do seu próprio preço (P_i) e é maior para um preço maior do seu concorrente (P_j). Os coeficientes b e d ($b > 0$, $d > 0$, assumindo produtos substitutos, onde a demanda total é compartilhada) capturam a sensibilidade da quantidade vendida com relação aos níveis de preço da própria empresa e do concorrente, respectivamente.

Como exemplo, quando uma companhia aérea baixa os seus preços, o objetivo é tanto conseguir consumidores das empresas concorrentes como novos consumidores que ainda não participam do mercado.

3.6.3 Tipos de Reações Competitivas

Em um jogo de competição estratégica, o objetivo de todos os participantes é em antecipar os movimentos dos concorrentes. Dessa forma, nos modelos de duopólio descritos (Cournot e Bertrand) podemos esperar dois tipos de respostas competitivas a um movimento de um concorrente.

No caso de competição por quantidade, quando uma empresa aumenta a quantidade produzida, o seu concorrente irá buscar aumentar o seu lucro através da *diminuição* da sua quantidade produzida. Dessa maneira, a quantidade total do mercado não aumenta (ou até reduz), o preço de equilíbrio se mantém (ou aumenta) e o patamar de lucros pode ser sustentado.

Quando temos um cenário de competição por preços, ao contrário do caso de competição por quantidade, a melhor resposta para um movimento de um concorrente é justamente fazer o mesmo movimento. No caso de uma redução de preços por uma empresa, a resposta esperada pela concorrência é também baixar seus preços. No caso de um aumento, espera-se que todos também os aumentem. Ou seja, os preços dos concorrentes movem todos na mesma direção, facilitando o que chamamos de *guerra de preços*. Esse tipo de competição é clássica nos mercados que temos produtos substitutos e pouco diferenciados, como no caso do mercado de passagens aéreas.

4 *Modelo de Tomada de Decisão*

4.1 Introdução

O modelo que iremos desenvolver nesse capítulo irá propor um esquema para auxiliar no entendimento e na tomada de um tipo de decisão de investimento muito comum, que é a entrada em um novo mercado. Para modelar a competição estratégica, as ferramentas que podemos utilizar são as Opções Reais (BOYER; GRAVEL; LASSERRE, 2004) em conjunto com a Teoria dos Jogos (HUISMAN et al., 2003; GRENADIER, 2000). Como entrada em um novo mercado, podemos entender a expansão de uma linha de produtos de uma empresa já estabelecida como também a entrada de uma nova empresa em um segmento de negócio qualquer.

Seja qual for o tipo de entrada, existem basicamente dois caminhos alternativos a serem escolhidos: o investidor poderá optar por começar o seu negócio do início, assumindo todo o esforço para se estabelecer no mercado, ou seja, terá que, entre outros desafios, construir uma planta industrial, contratar e preparar o pessoal e planejar estratégias de marketing para seu produto, que é desconhecido do mercado. Seguindo a outra alternativa, existe a opção de se adquirir uma empresa já estabelecida no mercado, o que resulta em um cenário completamente diferente.

O modelo busca estimar os lucros de duas empresas em um ambiente interativo, onde o valor do investimento poderá ser afetado *diretamente* através de alteração na sua demanda, *indiretamente* através de um novo patamar de preços ou ainda através da mudança completa da *estrutura de mercado* (de concorrência para monopólio, por exemplo).

O objetivo final, como já dissemos, é estimar da maneira mais precisa possível o valor de um projeto, para decidirmos se vale à pena a entrada em um mercado e, especificamente, como deve ser essa entrada, através da compra de uma empresa estabelecida ou da construção. Para isso, utilizaremos como ferramentas as Opções Reais e a Teoria dos

Jogos e teremos as seguintes etapas:

1. *Função Demanda ($Q(P)$)*: o nosso modelo prevê que a quantidade demandada é função do preço estabelecido (tanto do entrante quanto do estabelecido) (seção 4.5.1);
2. *Função Custos ($C(P)$)*: precisamos estabelecer como os custos são formados dados os preços para que tenhamos a nossa Função Lucro (seção 4.5.2);
3. *Função Lucro* : utilizando a Função Demanda e Função Custos, derivamos a Função Lucro, que é a base para determinarmos o valor do projeto (seção 4.5.3);
4. *Função Valor Presente do Investimento* : com as estimativas dos fluxos de caixas futuros (lucros estimados no passo anterior), trazemos a valor presente para termos o valor do investimento (seção 4.5.3) ;
5. *Função Reação* : como temos um modelo de interação entre os participantes, precisamos saber como eles reagem ao estabelecimento de preços por parte do concorrente (seção 4.5.4);
6. *Modelo de Concorrência* : no nosso modelo, iremos estimar como a competição se dá em três tipos de concorrência por preços diferentes: simultânea (Bertrand), sequencial (Stackelberg), e monopólio. Ainda podemos ter o caso onde nenhum dos jogadores decide por participar do mercado, indicando o abandono (seções 4.5.4.1, 4.5.4.2, 4.5.4.3);
7. *Preço de Equilíbrio* : conseguimos determinar o preço de equilíbrio através das duas equações de demanda, a do entrante e a do concorrente já estabelecido. Cada um dos mercados resulta em um diferente preço de equilíbrio (seções 4.5.4.1, 4.5.4.2, 4.5.4.3);
8. *Valor do Projeto* : com os preços de equilíbrio e a Função Valor Presente do Investimento, conseguimos determinar os valores de projeto para os diferentes modelos de concorrência (Bertrand, Stackelberg, Monopólio e Abandono) (seção 4.6.2);
9. *Criação da Árvore* : criamos uma árvore binomial de dois passos, com os ramos finais representando as diferentes possibilidades de concorrência. Em cada um deles, temos os valores de projeto para os dois participantes do jogo (seção 4.6.3);
10. *Solução do Jogo* : para cada um dos sub-jogos, procuramos a solução de equilíbrio (seção 4.6.4);

11. *Solução da Árvore* : utilizamos as soluções de cada um dos jogos para solucionar toda a árvore via indução reversa (seção 4.6.6);

Na Figura 3 podemos ver esquematicamente o que será desenvolvido das próximas seções:

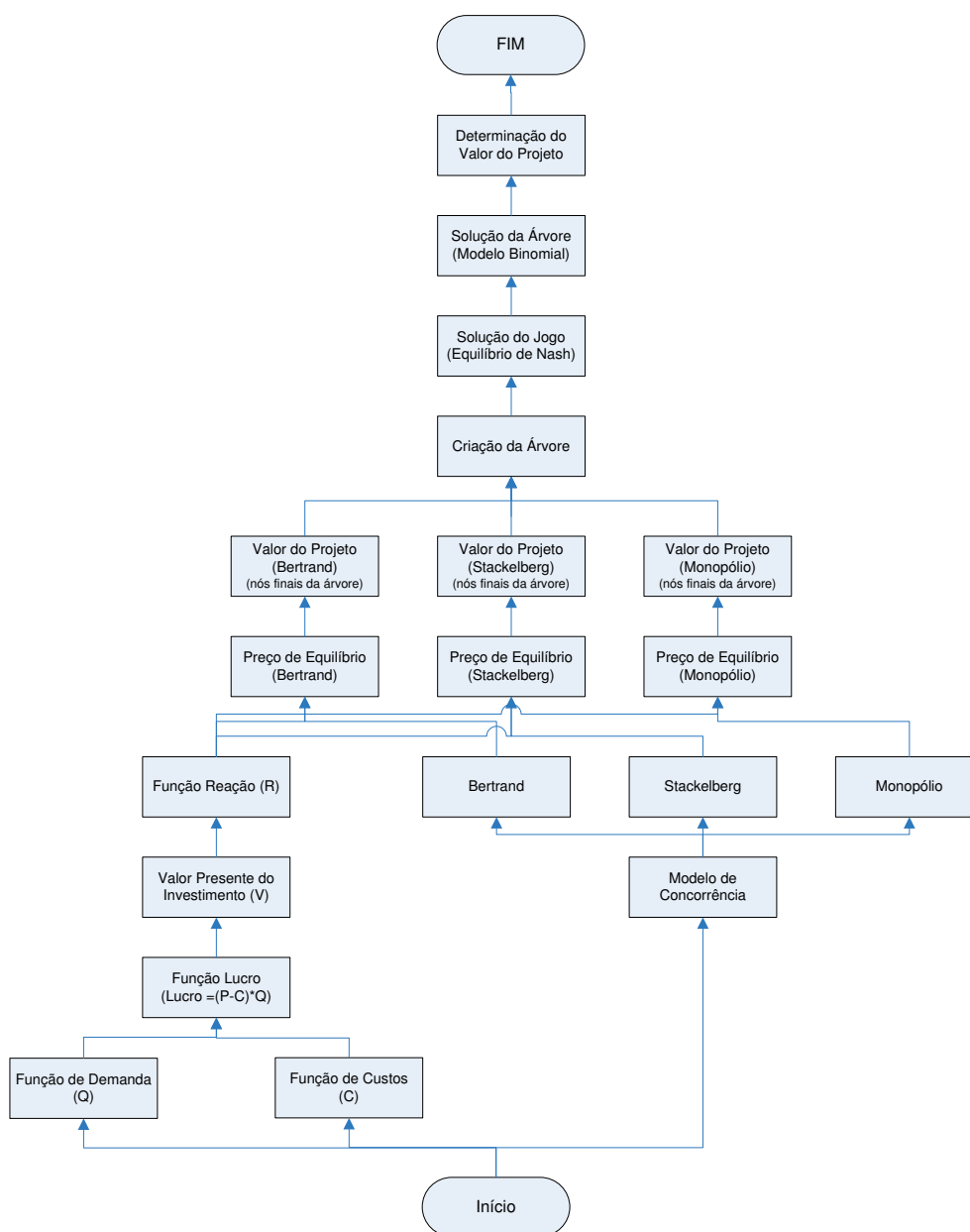


Figura 3: Esquema do Modelo Proposto para Avaliação de Investimentos

4.2 A Alternativa da Construção

Podemos enumerar algumas vantagens e desvantagens dessa estratégia comparativamente com a alternativa da compra, por exemplo:

Vantagens:

1. Instalações fabris específicas, de acordo com os padrões da matriz, por exemplo;
2. Pessoal treinado sob orientação da matriz

Desvantagens:

1. Tempo maior de entrada no mercado;
2. Necessidade de desenvolver a marca, campanhas publicitárias e canais de distribuição;
3. Custos e riscos de preparação difíceis de serem administrados;

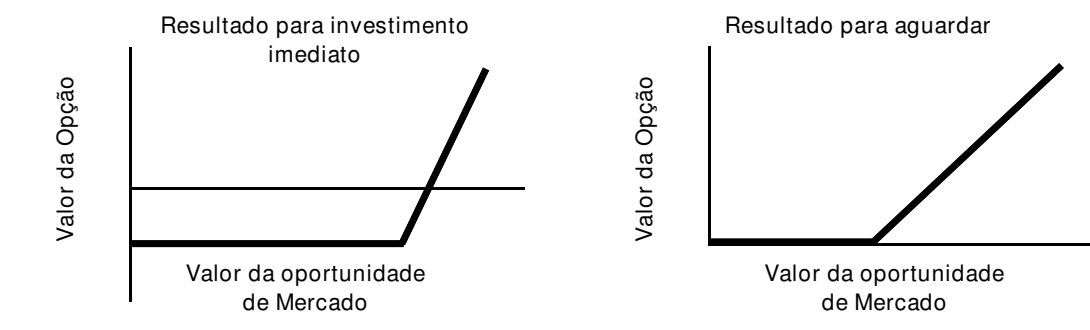
No entanto, fundamentalmente, as duas alternativas diferem em um aspecto: a *rapidez* na entrada. Enquanto que a construção requer um tempo bem maior de preparação, a alternativa de compra já oferece ao investidor um ambiente bem mais preparado, necessitando somente de ajustes para iniciar efetivamente a competição pelo mercado. De início, não podemos afirmar que a opção de movimentar antes que o concorrente é sempre a melhor opção, pois existem casos de empresas de sucesso que na verdade sempre seguem a movimentação dos líderes (COTTRELL; SICK, 2002).

4.3 A Alternativa da Compra

A alternativa de compra imediata oferece a possibilidade de se posicionar rapidamente no mercado, possibilitando uma posição estratégica que poderá dificultar a concorrência e desestimular a entrada de novos competidores. Como outras vantagens, podemos enumerar a possibilidade de entrar rapidamente em um mercado em crescimento, ganhar expertise tecnológica e assumir uma marca já estabelecida (DAMODARAN, 1999). No entanto, no caso do mercado se mostrar fraco, os investimentos não poderão ser recuperados facilmente. Caso se decida por esperar para investir, a vantagem com relação à concorrência irá ser perdida, mas não haverá os custos da entrada em um mercado com baixo retorno.

A alternativa da compra ainda pode gerar valor de duas maneiras. Primeiro, através da alavancagem financeira, pois o investidor pode utilizar de dívida para financiar a aquisição, resultando em benefícios fiscais. Segundo, existem oportunidades de sinergia, como economias de escala e de escopo (SMIT, 2001). Lambrecht (2001) apresenta um modelo que utiliza as Opções Reais para modelar a compra de empresas via fusões, oferta de ações ou dinheiro.

No caso da compra imediata, o que temos é uma *opção de crescimento* (*growth option*), no caso da espera para comprar, temos uma *opção para postergar* (*option to wait*), ambas com o mesmo ativo base, que é o valor do mercado a ser capturado. (AMRAM; KULATILAKA, 1999, Cap 18, p. 195). A *curva de resultado* (*payoff*), que mostra o valor da opção com relação ao ativo-base (o mercado potencial), é inicialmente negativa para o caso do investimento imediato tem uma grande inclinação em seguida, devido ao próprio desenvolvimento do mercado. No caso da opção de espera, o valor nunca é negativo, pois não há prejuízo por uma entrada precipitada em um mercado que não renda o esperado (Figura 4).

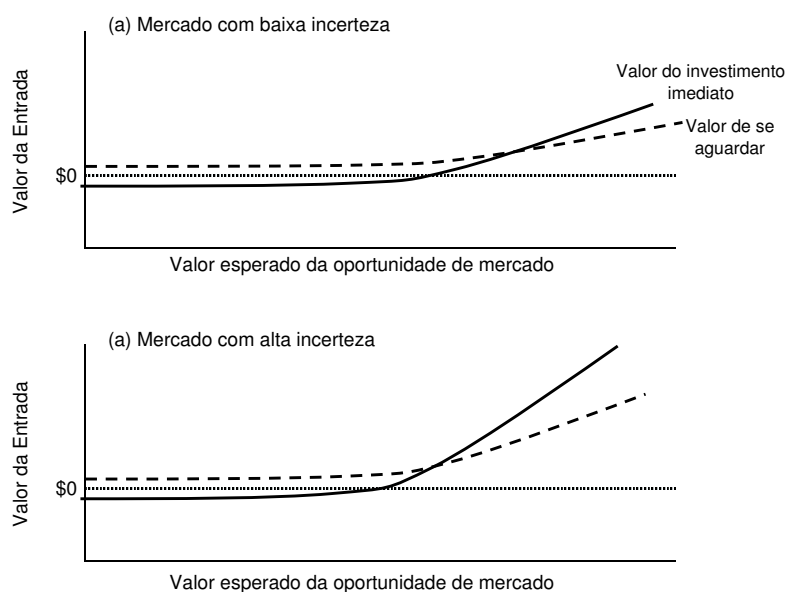


Fonte: AMRAM, KULATILAKA, 1999, p. 196

Figura 4: Valor da Opção nos cenários de investimento imediato e de espera para investir

A Figura 5 mostra a **curva de desembolso** (*payoff*) para os dois tipos de opções em duas situações: um cenário de maior e menor volatilidade. Em ambas, percebemos que o valor da opção de investimento imediato apresenta uma curva com maior inclinação, com valor inicial da opção sendo negativo. A maior inclinação deriva do fato que o investimento imediato pode desenvolver o mercado como um todo, gerando um maior retorno futuro. Já a opção de espera possui uma curva com inclinação muito menor.

A melhor estratégia de entrada será determinada pelos valores relativos de três variáveis:



Fonte: AMRAM, KULATILAKA, 1999, p. 197

Figura 5: Valor das Opções em diferentes tipos de mercado

1. o custo de entrada;
2. o impacto do investimento no mercado;
3. e o nível de incerteza.

No caso da escolha dessa alternativa, teremos como exemplos de vantagens a entrada rápida no mercado e a redução drástica dos custos de marketing necessários e, como desvantagens, as dificuldades usuais de um processo de fusão e aquisição e as necessidades de ajustes nos processos internos e possivelmente no produto.

4.4 Aplicando a Teoria dos Jogos

A Teoria dos Jogos é adicionada ao modelo para podermos simular a interação entre os participantes do mercado. Quando tratamos de um novo entrante, temos uma *reação* dos concorrentes que muda o resultado final para todos, podendo ser modelada através de jogos (SHY, 1995, p. 182-186).

Smit e Trigeorgis (2004) oferecem um modelo (*Road Map*) que analisa desde casos mais simples de problemas de investimentos estratégicos, com somente um estágio, até outros mais sofisticados, onde são tratadas opções compostas de investimento.

De acordo com esse modelo, classificamos os problemas de acordo com o tipo de opções (jogos de um ou dois estágios) e, em seguida, de acordo com o tipo de interação entre os competidores.

- Jogos de Um Estágio sem competição (opção proprietária) - nesse caso, as oportunidades de investimento são vistas como simples opções proprietárias de investimento. Como exemplo, temos as opções relativas a licenças com um prazo para expirar, podendo ser convertidas em um novo produto ou não durante o período;
- Jogos de Um Estágio com competição endógena (opções compartilhadas) - como a opção passa a ser compartilhada entre os concorrentes, temos que analisar a competição com o auxílio da Teoria dos Jogos. As entradas em mercados que podem ser contidas pela atuação dos concorrentes são assim classificadas;
- Opções de Dois Estágios sem competição - temos investimentos em opções de crescimento, onde oportunidades de P&D podem adquirir uma opção proprietária para a comercialização de um investimento em um segundo estágio;
- Jogos de Dois Estágios com competição endógena no segundo estágio - a estratégia inicial de P&D é seguida por um estágio de competição endógena que altera os retornos para os participantes do mercado;
- Jogos de Dois Estágios com competição endógena em ambos estágios - a competição endógena no primeiro estágio afeta o valor no segundo estágio;
- Competição *versus* Cooperação - nesse caso, tratamos *joint-ventures* para P&D;

Portanto, podemos resumir no quadro da Figura 6 os tipos de competições estratégicas dependendo do tipo de reação do concorrente:

- *i - Acomodada com Competição de Revide* - Em um caso onde não haja retaliação por parte da concorrência ao novo entrante, a firma pioneira irá fazer o investimento inicial e se acomodar na segunda fase, evitando a competição por preços e dividindo os benefícios;
- *ii - Endurecida com Competição de Revide* - Uma posição endurecida via investimento estratégico pode comprometer a concorrência, mas pode também resultar em uma retaliação por parte dos concorrentes, como no caso da competição por preços nas empresas aéreas. Para evitar essa competição no segundo estágio, a empresa não irá investir no primeiro estágio, continuando flexível e inofensiva;

		COMPETIÇÃO	
		Reação de revide Jogo de aumento de valor em conjunto: <i>ex</i> : conluio	Reação de oposição Jogo de bloqueio de valor: <i>ex</i> : competição em preços/quantidade
ESTRATÉGIA DE CRESCIMENTO	Acomodada Compre: cresça através de aquisições e beneficie a concorrência	i As firmas podem aumentar a sua parcela do mercado se elas se acomodarem entre si, explorando conjuntamente efeitos de sinergia da firma consolidada (ganha-ganha)	iii Não compre/espere se os outros jogadores têm mais vantagens em bloquear as oportunidades de crescimento com crescimento orgânico (perde-ganha)
	Endurecida Construa: cresça através crescimento orgânico e ataque a concorrência	ii Não invista/espere, pois a expansão de capacidade cria uma posição endurecida e pode disparar uma reação de revide e uma guerra de preços (perde-perde)	iv Invista antecipadamente para bloquear as oportunidades da concorrência

Fonte: Baseado em Smit e Trigeorgis (2001)

Figura 6: Efeito Estratégico e Estratégias Competitivas

- *iii - Acomodada com Competição de Oposição* - Em uma situação onde o novo entrante não encontra resistência da concorrência já estabelecida, pode haver uma captura de boa parte dos investimentos em P&D feitos pelo pioneiro, por exemplo. Para evitar essa captura por parte do novo entrante, a empresa pode usar a opção (flexibilidade) que possui de adiar o investimento até que o mercado se mostre mais promissor;
- *iv - Endurecida com Competição de Oposição* - Uma estratégia agressiva de investimento pode gerar uma vantagem estratégica, garantindo vantagem em um segundo estágio. Em uma competição por quantidade, a concorrência irá retrair-se, e o pioneiro poderia inclusive vir a desfrutar de uma condição de monopólio.

4.5 Derivação do Modelo Genérico

O modelo que iremos descrever irá tratar de empresas que possuem produtos pouco diferenciados, ou seja, são potenciais substitutos e a quantidade vendida é função do preço (da própria empresa e do concorrente). Essa é uma descrição simplificada do **Modelo de Bertrand**, que foi descrito anteriormente na seção 3.6.2.

Inicialmente, iremos determinar a Equação de Demanda do modelo, partindo de uma equação básica e indicando como isso pode ser feito. Em seguida, desenvolvemos a Função

de Custos, que irá derivar a Função Lucro das empresas.

Ao final, com o objetivo de termos o preço final de equilíbrio, determinamos a Função Reação e o ponto de maximização de lucro.

4.5.1 Determinando a Função Demanda

Partindo da equação 3.6, desenvolvida na seção 3.6.2, o modelo irá tratar um cenário de duopólio onde há uma relação linear entre quantidade vendida e preços:

$$Q_i(P_i, P_j, \theta_t) = \theta_t - bP_i + dP_j \quad (4.1)$$

Ou seja, a quantidade vendida por uma empresa i é dada por um parâmetro de demanda θ_t , que varia ao longo do tempo t e representa a demanda total do mercado (a ser compartilhada por i e j), e por uma função negativa do seu próprio preço (P_i) e positiva para o preço do seu concorrente (P_j).

Como estamos tratando de uma *entrada* no mercado, teremos os seguintes participantes: o **potencial entrante** E e todo o *mercado já estabelecido*, chamado daqui por diante de **concorrência** C . Dessa maneira, modificamos mais uma vez a equação 4.1 para termos como resultado a **equação de demanda do modelo**:

$$Q_E(P_E, P_C, \theta_t) = \theta_t - bP_E + dP_C \quad (4.2)$$

Assim, precisamos estimar θ_t , b e d para que o modelo determine a quantidade a ser vendida pelo entrante E , dados P_E e P_C .

4.5.1.1 Estimando as constantes da Equação de Demanda

A demanda global do mercado, θ_t , além de ser determinada pelo patamar de preços praticados, é função direta da renda disponível para os participantes do mercado, por sua vez função de uma série de variáveis macroeconômicas. O seu valor deverá ser estimado para o mercado estudado, sendo também uma função do nível de preços praticado.

Na equação 4.2, os coeficientes b e d capturam a sensibilidade da quantidade vendida com relação aos níveis de preço do entrante e do concorrente, respectivamente. Como tratamos de uma caso de competição por preço em um mercado com produtos pouco diferenciados, podemos esperar que os efeitos na demanda de cada firma em relação ao seu

próprio preço e ao do seu concorrente sejam opostos, ou seja, a demanda própria é maior (menor) quanto menor (maior) o seu e preço e quanto maior (menor) o do concorrente, resultando em $b > 0$ e $d > 0$.

Como estamos modelando um cenário que não existe no mercado atual, pois ainda não houve a entrada do novo concorrente no mercado, não existe disponível uma série histórica que possa determinar esses coeficientes através de um estudo de regressão, por exemplo. Por isso, uma das alternativas para estimar b e d é utilizar informações de um outro mercado que já tenha passado por situação semelhante ou executar estudos de simulação para buscar estimar valores razoáveis para esses coeficientes, dados θ , P_E e P_C .

4.5.2 Determinando a Função de Custos Variáveis

Assumimos que o custo variável total de produção possua a seguinte forma quadrática, da mesma maneira que em Smit e Trigeorgis (2004), para que tenhamos os custos marginais crescentes:

$$C(Q_i) = c_i Q_i + \frac{1}{2} q_i Q_i^2 \quad (4.3)$$

onde c_i ($i = E$ ou C) é o coeficiente linear (ou o coeficiente fixo da função marginal de custos, c_i), para a firma i .

4.5.3 Função Lucro

Os lucros de cada empresa i ($i = E$ ou C) são dados por:

$$\pi_i(P_i, P_j, \theta_{i,t}) = (P_i - c_i)Q_i \quad (4.4)$$

$$\pi_i(P_i, P_j, \theta_{i,t}) = (P_i - c_i)(\theta_{i,t} - bP_i + dP_j) \quad (4.5)$$

O valor total do projeto, V_i , e o valor presente líquido, VPL_i , do investimento em segundo-estágio da empresa i , assumindo lucros perpétuos, taxa de crescimento zero após o segundo período ($g = 0$) e uma taxa de desconto constante k (a mesma para todas as empresas) no último período, é dado por:

$$V_i = \frac{\pi_i}{k}, \quad (4.6)$$

$$VPL_i = V_i - I = \frac{\pi_i}{k} - I. \quad (4.7)$$

4.5.4 Função Reação e Maximização do Lucro

Como vimos na seção 3.4.1, a função reação de cada empresa i indica o nível de preço ótimo a ser estabelecido para cada nível de preço do concorrente j . Como estamos tratando de um jogo simultâneo, ela será obtida aqui maximizando-se o valor presente do projeto $V_i(P_i, P_j) \equiv \pi_i/k$ com relação ao seu próprio preço P_i .

$$\begin{aligned} \pi_i &= \text{Receita Total} - \text{Custo Total} \\ \pi_i &= P_i Q_i - C(Q_i) \end{aligned}$$

Aplicando a função de custos e a função demanda escolhidas, temos:

$$\begin{aligned} \pi_i &= P_i Q_i - c_i Q_i - \frac{1}{2} q_i Q_i^2 \\ \pi_i &= P_i (\theta_{i,t} - b P_i + d P_j) - c_i (\theta_{i,t} - b P_i + d P_j) - \frac{1}{2} q_i (\theta_{i,t} - b P_i + d P_j)^2 \end{aligned} \quad (4.8)$$

Desenvolvendo a equação do lucro 4.8 e fazendo $\partial V_i / \partial P_i = 0$, onde $V_i = \pi_i/k$, derivamos a função reação:

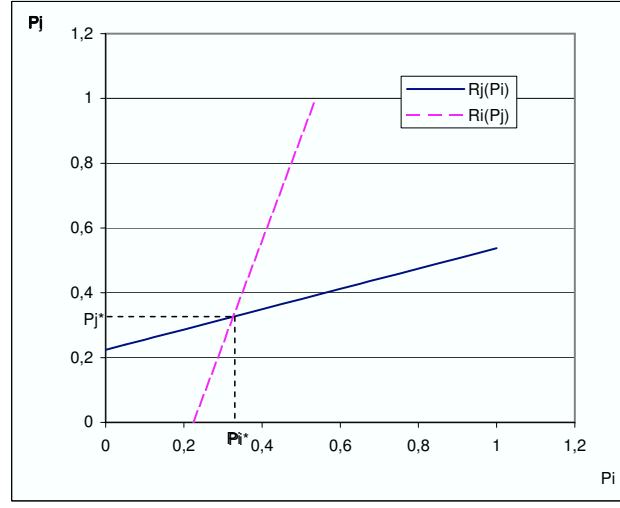
$$\begin{aligned} \partial V_i / \partial P_i &= -2b P_i - b^2 q_i P_i + \theta(1 + b q_i) + d P_j(1 + b q_i) + bc = 0 \\ P_i(2b + b^2 q_i) &= \theta(1 + b q_i) + d P_j(1 + b q_i) + bc \\ R_i(P_j) &= \frac{(\theta_{i,t} + d P_j)(1 + b q_i) + bc_i}{b(2 + b q_i)} \end{aligned} \quad (4.9)$$

A **função reação** é dada pela equação 4.9, que indica todos os pontos de lucro máximo para a empresa i para um dado P_j .

4.5.4.1 Maximização do Lucro e Preço de Equilíbrio em Bertrand

Uma empresa engajada em uma disputa por preços terá a melhor resposta (com o maior lucro) a um movimento de preços de acordo com a concorrência de acordo com a

sua função reação. Como temos essas curvas, simétricas para i e j , para encontrarmos o ponto de equilíbrio, basta que determinemos o ponto de encontro das duas curvas. (veja a Figura 7).



Fonte: Elaboração própria

Figura 7: Funções Reação e Preço de Equilíbrio

Para determinarmos o ponto de equilíbrio, substituímos $R_j(P_i)$ no lugar de P_j na equação 4.9, temos a expressão de equilíbrio assimétrico de Nash em preços (Bertrand) para $q_i = 0$ (desenvolvida no Anexo A):

$$P_i^* = \frac{2b(\theta_{i,t} + bc_i) + d(\theta_{j,t} + bc_j)}{4b^2 - d^2} \quad (4.10)$$

Portanto, para determinarmos o preço de equilíbrio, só nos falta o c_i , coeficiente fixo do custo marginal, que pode ser obtido através dos demonstrativos financeiros da empresa em questão. Para o caso da firma entrante E , devemos utilizar estimativas de outros mercados ou assumir uma fração da média do valor do mercado, pois se a expectativa é uma competição por preços, deve se esperar que a entrante tenha um custo menor.

A Figura 7 mostra o comportamento dos preços em um Modelo de Bertrand, ou seja, as funções reação dos dois participantes i e j . O ponto onde as duas curvas se cruzam é o ponto de equilíbrio que determina os preços ótimos P_i^* e P_j^* .

4.5.4.2 Maximização do Lucro e Preço de Equilíbrio em Stackelberg

Como vimos, no caso de um jogo simultâneo, temos o Equilíbrio de Bertrand, onde os preços de ambos os jogadores (concorrentes) são estabelecidos ao mesmo tempo. Em um jogo seqüencial, o tipo de estrutura de mercado observado é freqüentemente chamada de *Líder-Seguidor*, onde o equilíbrio resultante é chamado de *Equilíbrio de Stackelberg*.

Nesse tipo de jogo, a firma i escolhe o seu nível de preços antes da firma j . Então a firma j , depois de observar o nível de preços da firma i , irá escolher o seu nível de preços e os lucros serão coletados por ambas as empresas.

Dessa maneira, no segundo período, somente a firma j estabelece os preços, escolhendo P_j de modo a maximizar os seus lucros, tendo os preços estabelecidos pela firma i , P_i , como dados. Ou seja, partimos da estratégia de j para os preços de i , ou seja, a sua *função reação*, $R_j(P_i)$, para determinarmos P_i .

Para isso, maximizamos $V_i(P_i, R_j(P_i))$ sobre P_i , tendo $R_j(P_i)$ como dado, temos o preço para o líder de Stackelberg (para $q_i = q_j = 0$):

$$P_i^* = \frac{2b(\theta_{i,t} + bc_i) + d(\theta_{j,t} + bc_j - dc_i)}{4b^2 - 2d^2} \quad (4.11)$$

onde a demanda total $\theta_t = \theta_{i,t} + \theta_{j,t}$.

Para determinarmos o preço que a firma seguidora irá estabelecer, basta aplicarmos P_i da equação 4.11 na equação reação da firma líder (equação 4.9).

$$R_j(P_i) = \frac{(\theta_{j,t} + dP_i)(1 + bq_j) + bc_j}{b(2 + bq_j)} \quad (4.12)$$

4.5.4.3 Preço de Equilíbrio no Monopólio

No modelo proposto, podemos ter ainda uma situação onde o líder investe e a demanda se torna tão pequena que impede que o seguidor opere com lucros, evitando a sua entrada e caracterizando uma situação de monopólio.

Dessa forma, o monopolista irá maximizar o seu lucro $V_m(P_m)$ sobre P_m , tendo a quantidade $Q_m = (Q_i + Q_j)$ (SMIT; TRIGEORGIS, 2001):

Se $Q_m = 2(\theta_t - (b - d)P_m) = \theta_t - c(b - d)$ e $P_i = P_j$,

$$P_m^* = \frac{\theta_t + c(b - d)}{2(b - d)} \quad (4.13)$$

4.6 Modelo de Entrada

No nosso estudo do Modelo de Entrada, vamos analisar como uma empresa se comporta na entrada em um mercado em dois tipos de situação, já mencionadas: a entrada através de uma aquisição de uma outra empresa já estabelecida ou através da criação de todo o negócio desde o seu início. Além disso, como estamos tratando de uma análise através de Opções Reais, ainda devemos considerar a flexibilidade, que significa a possibilidade de não entrar no mercado em um determinado momento, dada alguma situação adversa, postergando a decisão para o período seguinte.

Em Smit e Trigeorgis (2001), ainda temos a alternativa de não executar o *investimento estratégico* (K_a) que permitiria a entrada no mercado no período 1, que é chamado de *Caso Base*. No entanto, para o nosso estudo, assumimos que a decisão por entrar no mercado já foi tomada e não será necessário avaliar o Caso Base.

4.6.1 Alternativas no Modelo de Entrada

O Modelo de Entrada será baseado no cálculo do valor das Opções Reais associada às duas alternativas. Para isso, precisamos calcular o VPL da empresa nos dois cenários possíveis.

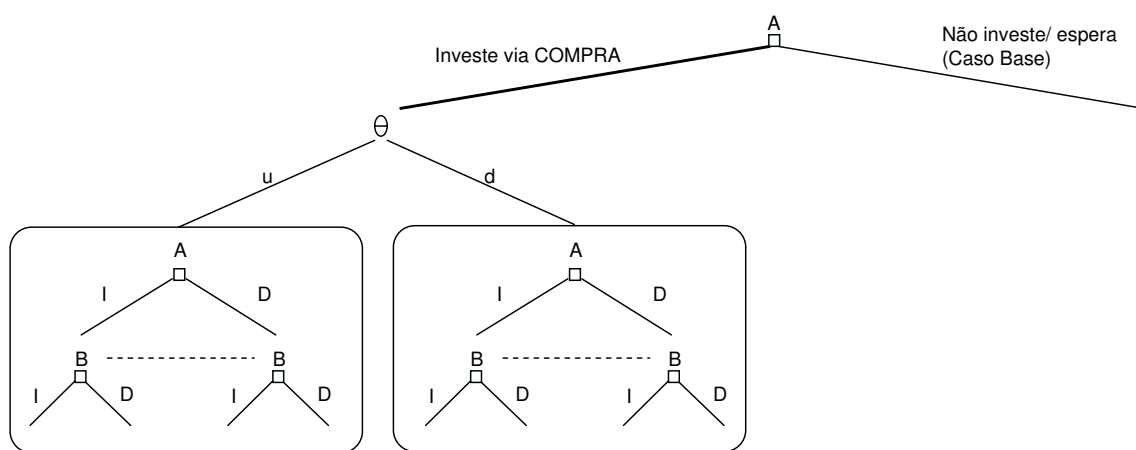
Para os propósitos do nosso modelo, as alternativas de entrada no mercado diferem fundamentalmente em um aspecto: a *rapidez* da entrada. A alternativa da *compra* permite uma competição muito mais imediata, onde os concorrentes não têm muito tempo para se preparar. Dessa forma, consideramos que, nesse caso, temos um jogo simultâneo, caracterizado por equilíbrios de Bertrand, conforme vimos anteriormente.

No caso da *construção*, temos uma movimentação muito mais lenta por parte do novo entrante, o que permite à concorrência se preparar muito melhor. Nesse caso, temos um jogo seqüencial, do tipo de Stackelberg.

No modelo, ambos os casos (entrada simultânea via compra e seqüencial via construção) são tratados ao mesmo tempo, em uma árvore que comporta ambos os casos e que indica qual é a melhor escolha dado o cenário de mercado e a movimentação da concorrência.

4.6.1.1 Opção da Compra

Na alternativa da compra, temos um jogo simultâneo, que é ilustrado na forma extensiva (veja a seção 3.1.2) com uma linha tracejada entre os movimentos possíveis de um jogador, indicando que tanto os seus movimentos quanto o do seu concorrente ocorrem ao mesmo tempo, ou melhor, nenhum dos jogadores sabe qual foi a escolha do seu oponente antes de fazer a sua escolha. Veja uma ilustração na Figura 8.



Fonte: Elaboração própria

Figura 8: Representação de um jogo para o caso de compra

4.6.1.2 Opção da Construção

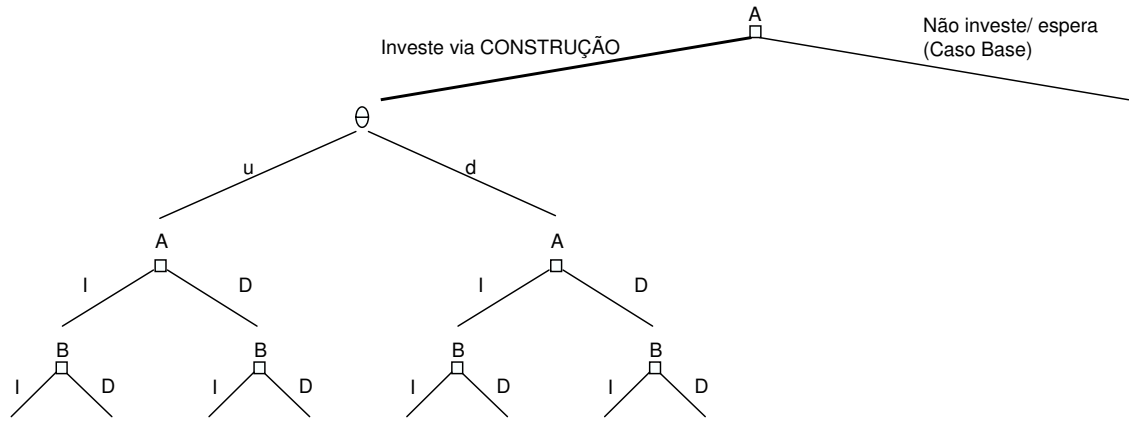
No caso da construção, como os concorrentes têm mais tempo para se preparar, temos um jogo seqüencial. Temos a representação desse tipo jogo na Figura 9.

4.6.2 Modelagem do Jogo em Dois Estágios

Para estruturar o nosso problema, iremos utilizar a abordagem de Smit e Trigeorgis (2004), criando uma árvore binomial, indicando o jogo competitivo de dois estágios na forma extensiva.

A solução do jogo se dá por indução reversa, começando pelos nós finais de equilíbrio, que indicam o tipo de estrutura competitiva que prevalece. No nosso modelo, iremos admitir uma das seguintes situações nos nós finais de equilíbrio:

1. Abandono (A): nenhum dos concorrentes decide pelo investimento;



Fonte: Elaboração própria

Figura 9: Representação de um jogo para o caso da construção

2. Monopólio (M): somente um dos participantes decide permanecer no mercado, o outro decide abandonar;
3. Equilíbrio de Nash Simultâneo em Preços (Bertrand - B): ambos decidem que irão competir no mercado e agem ao mesmo tempo, resultando em um equilíbrio de preços dado pela equação 4.10;
4. Equilíbrio de Nash Seqüencial em Preços (Stackelberg - S): ambos decidem que irão competir no mercado, mas agem de maneira seqüencial, resultando em um equilíbrio de preços dado pela equação 4.11.

Além dessas alternativas, temos a possibilidade de Adiamento (D) no primeiro passo, que acrescenta a flexibilidade ao processo via Opções Reais.

Em cada um dos passos de decisão de um jogador, o que se busca é o estabelecimento de um preço P^* ótimo, através da análise da movimentação do concorrente, bem como a flutuação do próprio mercado, através da demanda θ , que pode aumentar na taxa u ou crescer na taxa d .

Dado esse preço de equilíbrio, o lucro da firma i pode ser calculado através da equação:

$$\pi_i = (P_i - c_i)Q_i \quad (4.14)$$

A opção do investimento no segundo estágio (VPL^*) será:

$$VPL_i^* = \max\left(\frac{\pi_i}{k} - I, 0\right) \quad (4.15)$$

onde I é o investimento inicial e k é a taxa de desconto ajustada ao risco. Ou seja, a opção oferece a alternativa de limitar a zero a perda, caso o VPL seja negativo.

O valor do VPL no primeiro estágio poderá ser determinado através do Modelo Binomial (ver seção 2.3.2).

4.6.3 Construção da Árvore de Decisão

O modelo proposto baseia-se na construção de uma árvore binária de dois passos (veja em detalhe como a árvore fica estruturada na Figura 10). No primeiro período temos dois jogos simultâneos, para as situações nas quais a demanda aumenta e diminui, que é indicado pelo *estado da natureza* (θ) que pode apontar para o sentido do crescimento (u) ou da diminuição da demanda do mercado (d).

Nesse período inicial, os jogadores podem decidir por investir ou postergar o investimento. Se ambos decidem por investir, temos um equilíbrio do tipo Bertrand (equilíbrio para competição em preços) e o jogo termina.

No entanto, os jogadores podem exercer a opção de aguardar, postergando a decisão para o período 2. Nesse caso, no período 2, logo após a movimentação da demanda θ , existe a possibilidade de investir um valor I para melhorar a posição no mercado. Podemos, então, ter as seguintes situações ao final dos dois períodos, dependendo das escolhas dos dois competidores:

1. Se no período 1 A investiu e B postergou:
 - (a) B investe = Stackelberg;
 - (b) B posterga = B fica fora do mercado e A detém o monopólio do mercado.
2. Se no período 1 B investiu e A postergou:
 - (a) A investe = Stackelberg;
 - (b) A posterga = A fica fora do mercado e B detém o monopólio.
3. Se no período 1 ambos postergaram:
 - (a) ambos investem = Bertrand;

- (b) A investe e B posterga = A detém o monopólio;
- (c) B investe e A posterga = B detém o monopólio;
- (d) ambos postergam = o mercado é abandonado.

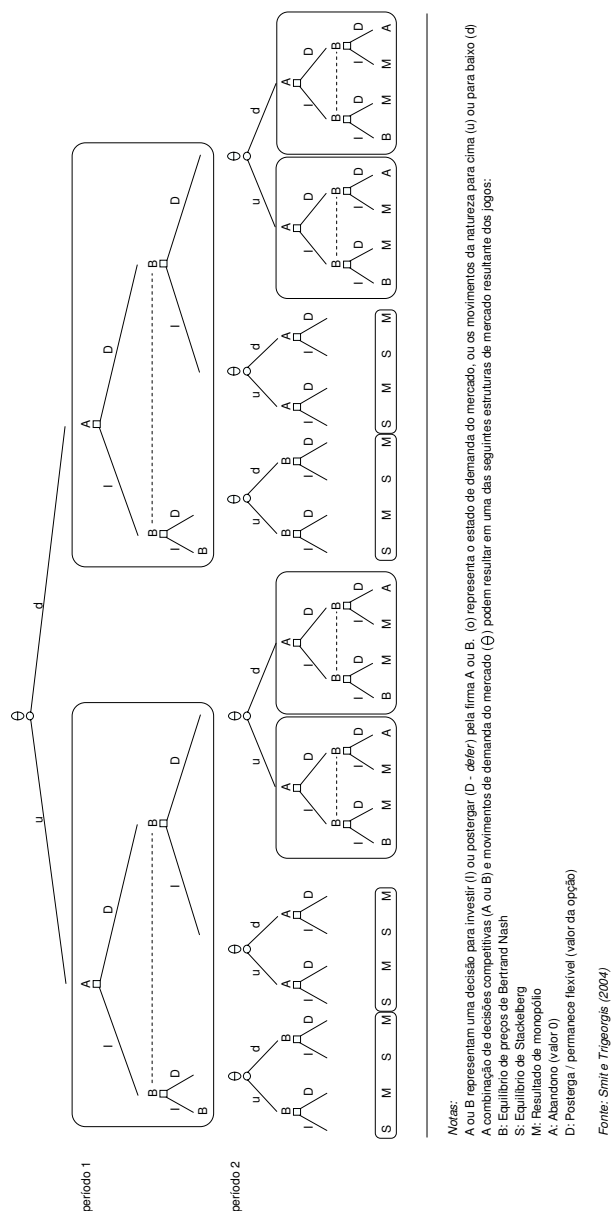


Figura 10: Jogo de Dois Estágios na Forma Extensiva sob diferentes Estruturas de Mercado

4.6.3.1 Determinando os Valores Finais dos Nós

Para determinarmos os valores finais dos nós, utilizamos as equações de preços de equilíbrio derivadas nas seções anteriores, que repetimos na Tabela 1.

Bertrand	Monopólio	Stackelberg
$P_i^* = \frac{2b(\theta_{i,t}+bc_i)+d(\theta_{j,t}+bc_j)}{4b^2-d^2}$	$P_m^* = \frac{\theta_t+c(b-d)}{2(b-d)}$	$P_i^* = \frac{2b(\theta_{i,t}+bc_i)+d(\theta_{j,t}+bc_j-dc_i)}{4b^2-2d^2}$

Tabela 1: Equações para determinação dos Preços de Equilíbrio

4.6.4 Resolvendo os Jogos e as Opções na Árvore de Decisão

Para o cálculo dos valores nos outros ramos da árvore, será usado a *indução reversa* (veja a seção 2.3.2), onde utilizamos os valores esperados para a opção para determinarmos o seu valor presente. Para isso, precisamos inicialmente determinar os equilíbrios de Nash em cada um dos sub-jogos (últimos ramos da árvore).

No segundo passo da Árvore de Decisão, teremos jogos que representam a fase estratégica do modelo, que é quando os concorrentes irão interagir. Na mesma árvore, teremos tanto jogos simultâneos (Bertrand) quanto jogos seqüenciais (Stackelberg) e as soluções dos jogos irão nos orientar sobre qual é a estratégia de mercado que seria escolhida pelos participantes, dada a situação competitiva.

4.6.5 Valor da Opção

O valor corrente da opção de compra no valor do projeto, C_0 , é determinada por seus valores futuros na árvore de decisão (C_u e C_d), descontado à taxa livre de risco (r), e probabilidades (p) baseadas no equivalente-certeza. Os valores de equilíbrio C_u e C_d são os equilíbrios de Nash para as hipóteses de crescimento e diminuição do valor do ativo-base (no nosso caso, a demanda do mercado).

Para determinarmos C_0 , basta substituímos os valores esperados para ambos os jogadores na equação 2.13, repetida a seguir:

$$C_0 = \frac{pC_u + (1-p)C_d}{1+r}$$

Para um exemplo onde os retornos dos jogadores em ambas as situações do mercado são como na Figura 11, $p = 0,50$ e $r = 0,10$, temos:

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{(0,50 * 1348) + (1 - 0,50) * 3183}{1 + 0,10} \\ C_0 &= 4230 \end{aligned}$$

Repetimos o mesmo raciocínio para determinar o valor presente da opção para o outro jogador. Veja os resultados desse exemplo na Figura 11, onde temos dois jogos simultâneos, onde os equilíbrios de Nash (destacados com um N) irão definir quais são os valores da opção nas situações de crescimento u ou diminuição da demanda d .

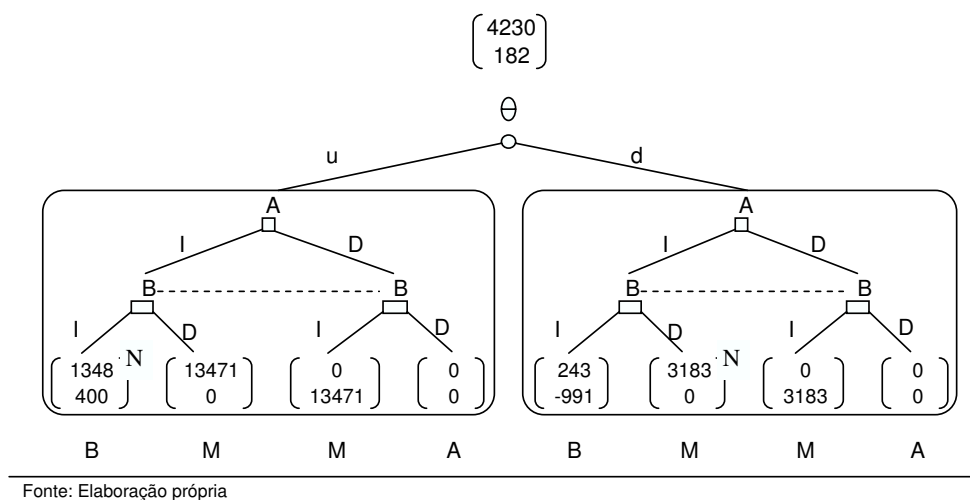


Figura 11: Ilustração da Indução Reversa

4.6.6 Determinação do Valor Final da Opção

Por indução reversa, temos o valor final da opção que deve ser deduzido do valor do investimento inicial (K_a). Para determinarmos a melhor maneira de se realizar o investimento, seja por compra ou construção, devemos observar a a árvore como um todo e verificar quais são os nós que apresentam os maiores valores, os resultantes de Bertrand (compra) ou os de Stackelberg (construção).

5 *Estudo de Caso*

Como estudo de caso, iremos avaliar como o modelo desenvolvido no capítulo anterior se aplica à entrada de um concorrente no mercado brasileiro de aviação, particularmente estudando a entrada da Gol Linhas Aéreas e o comportamento da concorrência.

5.1 Introdução

Para estudarmos como o modelo se aplica a um caso real, escolhemos o mercado doméstico de transporte de passageiros por via aérea, por algumas razões:

- O mercado de passagens aéreas é um caso clássico de competição baseada em preços (SMIT; TRIGEORGIS, 2004, p. 199), portanto podemos modelá-lo com base no Modelo de Bertrand;
- Trata-se de um mercado com poucos concorrentes, o que facilita a adequação ao modelo;
- Temos uma agência reguladora do setor, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC - antigo DAC ¹ - Departamento de Aviação Civil) , o que nos oferece uma grande base de dados histórica para ser analisada;
- Temos um caso de um novo entrante, a Gol Linhas Aéreas, que pode ser analisado à luz desse novo modelo proposto.

5.2 O Mercado Brasileiro de Transporte Aéreo

O foco do trabalho será o mercado doméstico de transporte aéreo, que é um setor da economia marcado por dificuldades, onde novos entrantes têm problemas em se estabe-

¹A ANAC foi aprovada pelo congresso em setembro de 2005 e implantada em março de 2006. Nesse trabalho, as referências mais antigas se referem ao DAC e, as mais novas à ANAC.

lecer e empresas antigas, aparentemente sólidas, podem se ver em condições totalmente adversas, podendo chegar à sua falência e saída do mercado (como ocorreu com a VASP e a Transbrasil).

O modo de transporte no mercado aéreo representava na década de 90 pouco mais de 2% do total passageiros transportados (DAC, 1998, p.14), comportando dois tipos de empresas: as regulares, que oferecem frequências com horários e destinos fixos, e as não-regulares (*charters*), que possuem maior flexibilidade em alterar e cancelar vôos. No Brasil existiam, segundo a ANAC, em 13/10/2006, 34 empresas regulares e 9 empresas não regulares (ANAC, 2006a, 2006b).

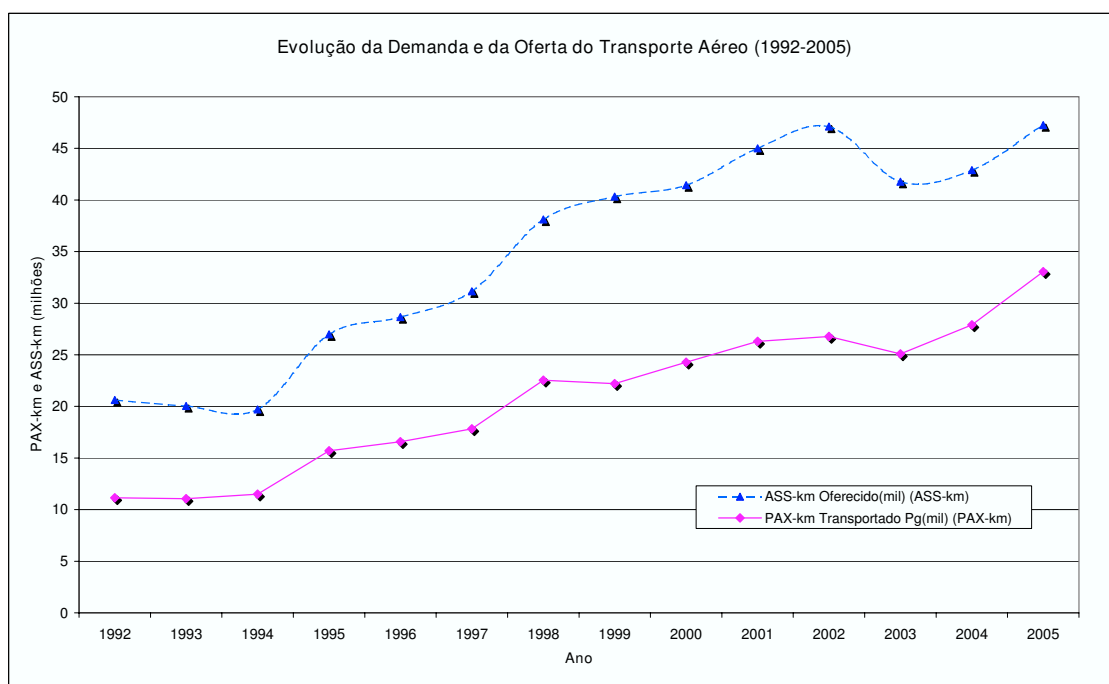
5.2.1 Panorama do Setor

Para entendermos o panorama competitivo, precisamos entender que existem uma séries de fatores que afetaram o cenário como um todo e moldou o ambiente onde a Gol iria se inserir (BINDER, 2003):

- Tendência a desregulamentação: os preços foram liberados gradativamente pelo DAC desde o final da década de 90;
- Crescimento econômico: tem relação direta com o crescimento do mercado como um todo. Segundo estudos do SNEA (Sindicato das Empresas Aeroviárias) a demanda do setor tradicionalmente acompanha o PIB em uma relação dois por um (SNEA, 2006a). Recentemente, esse crescimento foi muito maior;
- Risco Brasil e problemas cambiais: como aproximadamente 50% dos custos da aviação são atrelados ao dólar, a paridade cambial afeta diretamente os preços das passagens e, conseqüentemente, a demanda do mercado;
- Volatilidade dos preços do petróleo: por compor historicamente por volta de um terço dos custos de uma empresa aérea no Brasil (SNEA, 2006b), os custos com combustível afetam diretamente os preços e o desempenho das companhias aéreas (veja a Tabela 6, nos Anexos, que mostra dados de 2001, ano de entrada da Gol).

Apesar de todas essas dificuldades, a demanda do mercado vem aumentando continuamente, com algumas crises sérias como a que ocorreu no início de 2002, resultado, dentre outras causas, dos ataques terroristas nos EUA em 11 de setembro de 2001. Para

a demanda, no caso de companhias aéreas, o padrão da indústria é a medida *passageiros-quilômetros* transportado pago (*PAX-km*), que é o produto da quantidade de passageiros a bordo que pagaram acima de 25% da tarifa para a etapa pela quantidade de quilômetros voados na mesma. Para a oferta, a base é o produto da quantidade de assentos oferecidos da aeronave pela quantidade de quilômetros voados na etapa (*ASS-km*). Podemos ver a evolução da oferta e da demanda do mercado no período recente na Figura 12.



Fonte: Elaboração própria, baseado em dados do DAC, 1992-2005

Figura 12: Evolução da Demanda e Oferta no Mercado Doméstico

Como breve histórico da década de 90, período que antecede a entrada da Gol, começamos com as grandes companhias que dominaram o mercado na década de 80 e continuavam líderes: Varig (a maior, com aproximadamente 40% do mercado), Transbrasil e Vasp. No início dessa década, entra em cena a TAM, que buscava nichos de mercado pouco explorados e experimentou um crescimento muito rápido.

Por volta de 1996 e 1997, a Varig e TAM ocupavam a liderança do setor, com a Vasp e Transbrasil com problemas financeiros e dificuldades para se posicionar no mercado nacional. Em 1997, essas companhias, acostumadas com um mercado regido por tabelas de preços de passagens que praticamente impediam a concorrência, foram expostas a um novo cenário, onde foram autorizadas pelo DAC a promover descontos de até 65%,

gerando uma guerra tarifária entre todos os participantes. O maior esforço competitivo sob a forma de descontos se deu na ponte aérea Rio-São Paulo que, por ser justamente a rota mais lucrativa, deprimiu de forma significativa os resultados de todos os concorrentes.

No início de 1999, as mesmas companhias que já passavam por grandes dificuldades devido à guerra tarifária, passavam por mais uma prova: a mega-desvalorização cambial, que as afetou tanto no aumento dos custos associados ao dólar, quanto na queda da receita referente às passagens internacionais. Foram implementados programas de saneamento em todas elas, sendo que a Vasp e Transbrasil eram as que se encontravam em pior situação. Essas, por não poderem competir nas mesmas condições com Varig e TAM, buscaram atender uma fatia de mercado mais sensível a preço, trabalhando com descontos como maneira de buscar a sobrevivência nesse mercado tão competitivo.

5.2.2 A Entrada da Gol no Mercado Aéreo

Por iniciativa do maior grupo de transportes brasileiro, o Grupo Áurea, foi criada a Gol Transportes Aéreos, com o objetivo de explorar novo um nicho de mercado, conhecido como baixos custos, baixas tarifas (*low-cost, low-fare*), onde uma série de medidas têm como objetivo oferecer um bom serviço por um preço muito mais acessível. Com um investimento inicial de 20 milhões de dólares, em agosto de 2000 a Gol foi autorizada pelo DAC para operar como companhia aérea regular, no mesmo mercado que Varig, Tam, Vasp e Transbrasil.

O Grupo Áurea começou suas atividades em Minas Gerais em 1949, na cidade de Patrocínio, quando Constantino de Oliveira ("Seu Nenê") iniciou o transporte de passageiros entre Patrocínio (MG) e Belo Horizonte. Veja como foi nas palavras do "Seu Nenê":

...aos 18 (anos), eu já tinha meu caminhão e li no jornal que havia uma carga de manteiga para ir para Recife. Achei interessante, fiz os cálculos, vi que a viagem de ida seria boa, peguei a carga e levei. Foram 30 e poucos dias de Minas a Recife. Só em Minas levei oito dias até sair do estado, porque era época de chuva. Mas a volta foi melhor. Cheguei lá e perguntei: "O que é que eu levo para o Sul?". E me disseram: "Leva pau-de-arara". Perguntei: "O quê que é isso?-" "Gente", responderam. Já tinha o caminhão toldado, para a manteiga não derreter - naquela época não existia caminhão frigorífico. Escrevi no pára-brisa, com giz, Rio e São Paulo. Quando foi oito da noite, o caminhão estava lotado. Eu tinha um saquinho de sal vazio e enchi com o dinheiro. Logo vi: "Caramba, esse negócio aqui é bom". Fiz a viagem, deixei um tanto de pau-de-arara no Rio e o resto do pessoal em São Paulo. A carga, que eram os passageiros, descarregava sozinha (...) quando fechei a viagem - eu havia comprado o caminhão por 120 mil réis - , vi que tinha faturado

121 mil réis livres, em 40 dias! (CIOFFI, 2001)

O crescimento que se seguiu nos anos seguintes foi enorme, tornando-se atualmente o maior grupo brasileiro de transporte terrestre de passageiros. Na época da entrada da Gol no mercado, o grupo possuía nada menos que 38 empresas, com mais de 11.000 ônibus e empregando mais de 29.000 funcionários (CIOFFI, 2001).

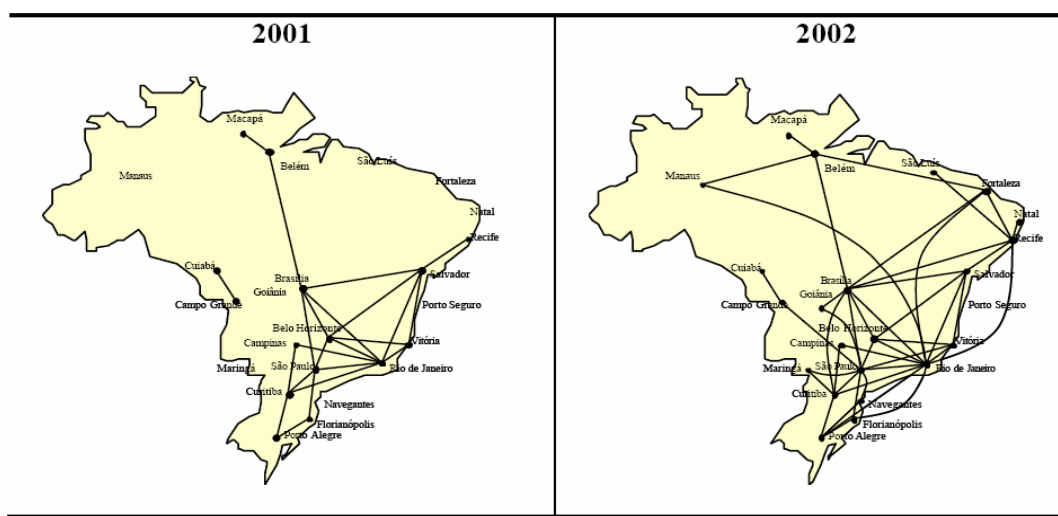
A Gol iniciou as suas atividades comandada por Constantino de Oliveira Jr., 32, filho de "Seu Nenê", com uma frota de seis aviões Boeing-747/700, com capacidade para 136 passageiros, e voando para sete capitais brasileiras. Na época do vôo inaugural (em janeiro de 2001), a passagem Congonhas (SP)-Galeão (RJ), por exemplo, com cinco frequências diárias, custava R\$ 79 nos horários menos disputados e R\$ 99 nos horários de pico, tarifas bem menores que as praticadas pela concorrência na época. Nesse mesmo período, a empresa já tinha planos de voar também para Porto Alegre, Florianópolis, Belo Horizonte, Brasília e Salvador (MAGALHÃES, 2001). Através de um investimento inicial, de US\$ 20 milhões, o projeto era colocar no ar uma empresa aérea de baixo custo que fosse referência mundial (ATTUCH, 2006).

A estratégia da Gol foi inovadora para o mercado brasileiro, mas teve claramente como modelo a empresa norte-americana Southwest Airlines (OLIVEIRA, 2005, p.4), empresa que foi pioneira nesse tipo de modelo de negócios e que colocou os padrões que foram copiados por todo o mundo, desde empresas européias como a EasyJet e Ryanair até asiáticas como a Air Asia e Virgin Blue. Seguindo o padrão, a entrada no mercado se deu inicialmente em rotas curtas e em mercados de alta densidade.

No entanto, ao longo do segundo ano de operações (2002), podemos perceber que o padrão de rotas se altera, com as distâncias percorridas em cada rota aumentado significativamente (veja a Figura 13), o que aproxima mais do padrão de outra empresa norte-americana, a JetBlue Airways. A inspiração no modelo foi clara, pois os próprios executivos da Gol visitaram tanto a Southwest quanto a JetBlue Airways logo antes de iniciar as operações (OLIVEIRA, 2005, p.11).

O público-alvo da Gol foi justamente uma fatia da população que não utilizava esse meio de transporte, o passageiro bastante sensível a preço, como jovens, idosos, passageiros da classe C e consumidores insatisfeitos com a atual política de preços das outras empresas (FEITOSA, 2002).

Segundo David Barioni Neto, um dos executivos da Gol, a empresa possuía uma grande vantagem competitiva: *Um quarto do faturamento das companhias aéreas tradicio-*



Fonte: OLIVEIRA, 2005, p.10

Figura 13: Evolução das Rotas da Gol no Brasil

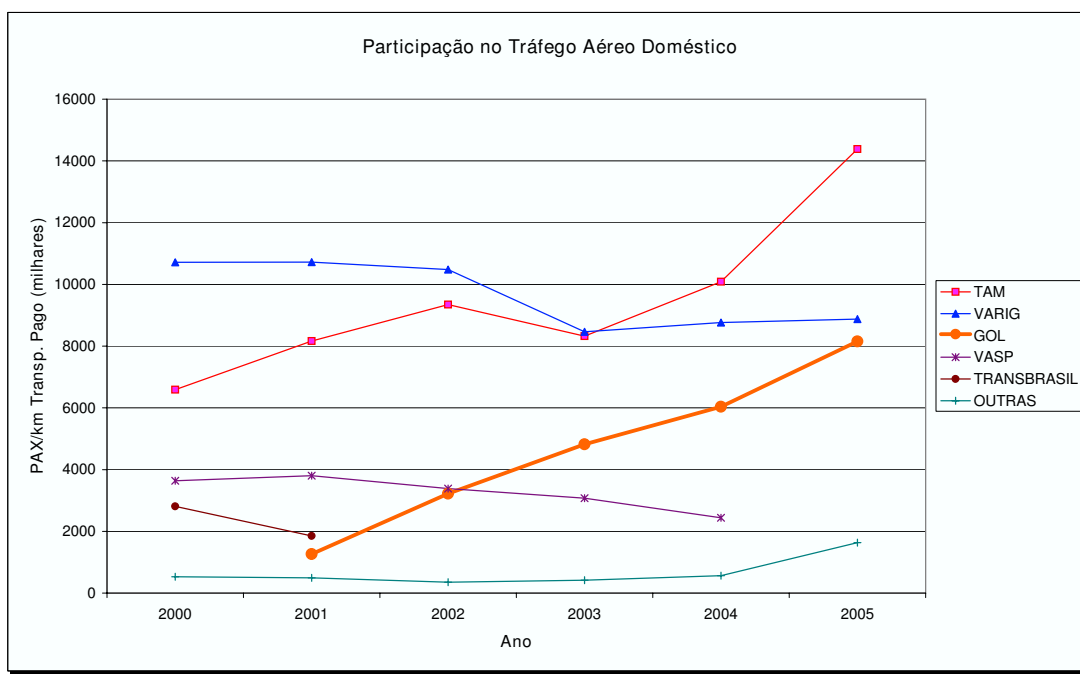
nais vai para o pagamento de dívidas, mas nós começamos do zero. (MATTOS; GRINBAUM, 2001)

Segundo as entrevistas conduzidas por Binder em (BINDER, 2003), cinco fatores impulsionaram a entrada da Gol:

1. Crescimento do PIB;
2. Crescimento da demanda;
3. Perfil dos passageiros transportados;
4. Desregulamentação do setor;
5. Concorrência frágil economicamente.

5.2.3 Mercado, concorrentes e evolução

Examinando a Figura 14, vemos como o Mercado Aéreo Doméstico é concorrido e a participação das empresas flutua. Nesse período (2000 a 2005), se destaca o grande crescimento da participação da Gol e TAM e a saída de dois importantes participantes (Vasp e Transbrasil).



Fonte: Elaboração própria, baseado em dados do DAC, 2000-2005

Figura 14: Participação das Empresas no Tráfego Aéreo Doméstico

5.3 A Gol e o Modelo de Negócios

A Gol Linhas Aéreas possui um modelo de negócios bastante diferente das empresas que já estavam estabelecidas no momento da sua entrada, de maneira que podemos tratá-la como um caso particular em um mercado um tanto homogêneo. Portanto, para tratamento dos dados e estudos estatísticos para verificação do modelo (que trata de um duopólio), usaremos a Gol versus o *restante do mercado doméstico*, chamado daqui em diante simplesmente de *Concorrência*.

Nesse ambiente, as empresas tendem a diminuir os seus preços para conseguir uma fatia maior do mercado. Esse é um dos mais adequados modelos a serem aplicados no mercado das companhias aéreas (SMIT; TRIGEORGIS, 2004, p. 199), onde quando uma empresa baixa o seus preços as outras tendem a segui-la, corroendo as margens de lucro de todas as participantes.

5.3.1 Equação de Demanda da Gol e da Concorrência

Para determinarmos os preços de equilíbrio na árvore de eventos precisamos das equações de demanda da Gol e da Concorrência, da mesma forma que já vimos na seção 4.5.1 e é mostrada novamente aqui:

$$Q_G(P_G, P_C, \theta_t) = \theta_t - b_G P_G + d_C P_C, \quad (5.1)$$

onde os índices G se refere à Gol, entrante no mercado, e C se refere à Concorrência já estabelecida.

Como já foi dito, a unidade de medida da demanda é *passageiros-quilômetros* transportado pago ($PAX\text{-}km$), enquanto que a da oferta é ($ASS\text{-}km$). Por isso, é preciso é atentarmos que a indústria aérea e o DAC utilizam *dimensões* diferentes para tratar a variável que indica a receita e a que indica os custos. Enquanto que a receita é baseada em *passageiros-quilômetros* ($PAX\text{-}km$), para o custo a base é o número de *assentos oferecidos-quilômetros* ($ASS\text{-}km$), pois a referência principal é a quantidade de assentos disponíveis na aeronave. Portanto, quando buscamos determinar o lucro, precisamos colocar ambas as medidas sobre a mesma base. Como o nosso modelo busca estimar o valor da empresa, precisamos estimar o lucro, ou seja, para isso precisamos determinar $PAX\text{-}km$. Para isso, vamos estimar os custos da Gol e da Concorrência sobre essa mesma base.

5.3.1.1 Modelo de Custos da Gol e da Indústria

De posse da informação que temos, dados de 2001 (ano de entrada da Gol no mercado) até o ano de 2005, podemos estimar algumas variáveis que serão utilizadas no modelo. Podemos ver na Tabela 2 a indústria como um todo².

²Todas os gráficos e tabelas relacionadas com o mercado doméstico de passageiros foram criados com base nas informações da ANAC (DAC, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005)

Discriminação	2001	2002	2003	2004	2005
Receita de vôo (R\$)	6.996.098.310	7.958.657.343	8.890.644.411	10.008.469.760	10.270.358.344
Despesa de vôo (R\$)	7.502.929.554	8.624.651.944	8.503.030.078	9.224.063.388	9.880.071.778
ASS-km Ofer.(mil)	45.008.485	47.108.540	41.767.983	42.889.073	47.978.685
Custo/ASS-km	0,1658	0,1788	0,2000	0,2100	0,2059
PAX-km Pg(mil)	26.295.754	26.779.718	25.092.523	27.893.014	33.047.413
Custo/PAX-km	0,2853	0,3221	0,3389	0,3307	0,2990
Yield (Receita/PAX)	0,2661	0,2972	0,3543	0,3588	0,3108

Tabela 2: Informações financeiras e indicadores para a Indústria

No entanto, como devemos comparar o restante da Indústria (o segundo jogador, que chamamos de Concorrência) com a Gol, construímos a Tabela 3, onde temos o resultado de toda a indústria sem a participação da Gol:

Discriminação	2001	2002	2003	2004	2005
Despesa de Vôo (R\$)	7.276.468.458	7.985.729.704	7.333.916.854	7.746.787.596	7.747.949.256
Ass-Km Ofer.	25.034.872	23.556.081	20.266.193	21.858.522	23.849.560
Custo/Ass-Km (R\$)	0,2907	0,3390	0,3619	0,3544	0,3249

Tabela 3: Custos por PAX-km para a Concorrência (Indústria excluindo a Gol)

Na Tabela 4 podemos ver o que o modelo de negócios da Gol resulta em um patamar de custos por *PAX-km* muito inferior:

Discriminação	2001	2002	2003	2004	2005
Despesa de Vôo (R\$)	226.461.096	638.922.240	1.169.113.224	1.477.275.792	2.132.122.522
PAX-km Pg(mil)	1.260.882	3.223.637	4.826.330	6.034.492	9.197.853
Custo/PAX-Km GOL	0,1796	0,1982	0,2422	0,2448	0,2318

Tabela 4: Custos por PAX-km para a Gol

Examinando as Tabelas 4 e 3, podemos estimar através da média dos cinco anos (2001 a 2005) os valores dos custos unitários ($R\$/PAX\text{-}km$) da Gol e da Concorrência como respectivamente $c_G = 0,2193$ e $c_C = 0,3342$.

5.3.1.2 Determinando a Equação de Demanda

Estudos para determinar a função de demanda de uma companhia aérea (JANUSZEWSKI, 2004), indicam que essa é determinada principalmente por dois parâmetros: o seu preço e a qualidade do serviço. Assumimos que o mercado tem uma expectativa de um serviço mais simples para a Gol, fundamental para que ela também trabalhe em um patamar inferior de preço. De fato, quando analisamos o *YIELD* ou receita por passageiros-quilômetros (em $R\$/PAX\text{-}km$) da Gol e do restante do mercado, vemos que ela cobra aproximadamente 25% a menos por passageiros-quilômetros transportado (DAC, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005)

O método usual para determinarmos como os preços estão relacionados com a demanda, ou seja, a quantidade de PAX-km que seria demandada por uma empresa aérea i , que trabalhasse em um patamar de preços P_i , concorrendo com uma empresa j , com preços P_j , seria utilizar estudos estatísticos, principalmente através de regressões. No entanto, particularidades do setor aéreo doméstico e o nível de detalhe das informações de mercado disponíveis inviabilizaram essa abordagem.

As sucessivas crises enfrentadas pelas companhias aéreas resultaram na saída do mercado da Transbrasil e Vasp, a Varig passou por um período muito difícil, fazendo com que a participação de cada uma das empresas se alterasse de maneira brusca, com rupturas que comprometeria o estudo estatístico (veja a Figura 14). Além disso, temos uma gama enorme de rotas, com empresas diferentes em cada uma delas. Portanto, o preço está relacionado com a concorrência naquela rota específica. Em um caso extremo de monopólio, por exemplo, a relação entre preço e demanda se altera completamente. Como os dados econômicos disponíveis são consolidados, sem o detalhamento dos participantes em cada rota, fica inviabilizada a determinação estatística da relação entre preço e demanda.

Caso fosse possível ter acesso às informações de preço e participação em uma determinada rota específica, poderíamos associar mais uma variável indicadora de qualidade (ou preferência) dos passageiros e determinar estatisticamente a função demanda. Com isso, poderíamos realizar o mesmo estudo para a entrada naquela rota específica.

Por essas razões, como não foi possível determinar a função demanda de maneira estatística, optamos por simular em planilhas como a demanda ficaria dividida entre a Gol e o mercado para diferentes preços. Partimos das seguintes premissas para desenvolver a tabela e determinar as constantes da Função Demanda b_G , d_G , b_C e d_C :

- Para o *YIELD* (Receita/PAX-km) utilizamos a média de 2001 a 2005, com $P_G = 0,2658$ e $P_C = 0,3250$ (preços médios baseados na receita e no número de passageiros transportados). Para a participação, consideramos 2005, onde a Gol possuía aproximadamente 25% do mercado.
- Quanto à qualidade do serviço, assumimos que ele é um indicador de desempate, ou seja, quando os preços são os mesmos, o consumidor prefere quem oferece um melhor nível de serviço. Na média, assumimos que o mercado oferece uma qualidade de serviço superior, o que significa que para o mesmo preço a Gol teria somente uma parcela pequena do mercado (consideramos 20%);
- Para um preço da Gol 20% inferior ao do mercado, ela possuiria 30% de participação;

- Para um preço da Gol 50% inferior, a sua demanda seria de 45% do total;

Podemos ver o raciocínio ilustrado na Tabela 5, onde P_G e P_C são os preços da Gol e da Concorrência, respectivamente, $Dif.$ é a quanto a concorrência cobra a mais do que a Gol ($P_C - P_G$) e $Part.Gol$ é a participação que esperamos para a Gol dado esse patamar de preços.

P_G	P_C	Dif	Part. Gol
50	100	50	45%
60	100	40	40%
70	100	30	35%
80	100	20	30%
90	100	10	25%
100	100	0	20%

Tabela 5: Simulação da participação da Gol no mercado de acordo com o preço

A análise para que as constantes θ , b_G , d_G , b_C e d_C encontra-se em detalhe no Apêndice A.

A função demanda da Gol que melhor se ajusta a essa premissa de sensibilidade de preços baseada na equação 4.2, estabelecendo os coeficientes $b_G = 100$ e $d_G = 45,55$:

$$Q_i(P_i, P_j, \theta_{i,t}) = \theta_{i,t} - bP_i + dP_j$$

$$Q_G(P_G, P_C, \theta_{G,t}) = \theta_{G,t} - 100P_G + 45,55P_C \quad (5.2)$$

Para a Concorrência, adotamos por simplificação os coeficientes $b_C = 45,55$ e $d_C = 100$, que se comportaram adequadamente nas simulações (ver Apêndice A). Dessa maneira, a função demanda ficou da seguinte maneira:

$$Q_C(P_C, P_G, \theta_{C,t}) = \theta_{C,t} - 45,55P_C + 100P_G \quad (5.3)$$

Para determinarmos a função completa, precisamos ainda de $\theta_{G,t}$ e $\theta_{C,t}$, que é a demanda que esperamos para a Gol e a concorrência. Precisamos estimar a demanda *potencial* do mercado, pois há a perspectiva que a Gol, por trabalhar em um patamar de preços inferior, irá trazer realmente um novo público para o transporte aéreo. Por isso, utilizaremos a a demanda realizada do mercado doméstico de passageiros em 2005 como demanda total potencial em 2001 ($t = 0$), o que resulta em um $\theta_{G,0} + \theta_{C,0} = 33$ (em milhões *PAX-km*). Executando mais uma vez simulações, dividimos o total da demanda assim: $\theta_{G,0} = 20$ e $\theta_{C,0} = 13$ (em milhões *PAX-km*).

Dessa maneira, temos como equações finais de demanda para a Gol e a concorrência:

$$Q_G(P_G, P_C, \theta_{G,t}) = 20 - 100P_G + 45,55P_C \quad (5.4)$$

$$Q_C(P_C, P_G, \theta_{C,t}) = 13 - 45,55P_C + 100P_G \quad (5.5)$$

Além disso, para que possamos simular situações de variação da Demanda Global, utilizamos um outro estudo descrito na seção seguinte.

5.3.2 Determinando a Função de Demanda do Setor Aéreo

No nosso modelo, de dois passos, consideramos a movimentação esperada do mercado, em termos da flutuação como um todo da demanda. Para isso, recorremos ao estudo de Demanda Global do DAC (DAC, 1998), que indica o Produto Interno Bruto (PIB) e o *YIELD* (preço médio pago por quilômetro voado) como variáveis que apresentam o maior ajustamento estatístico na regressão, conforme a equação 5.6. Por isso, é possível constatar uma grande correlação com os ciclos da economia brasileira, demonstrando o alto grau de dependência entre o segmento da indústria de transporte aéreo e o desempenho da economia.

$$\begin{array}{cccc} \ln(PKTD/10^3) & = -10,133371 & +1,453319 * \ln(PIB/10^3) & -0,245187 * \ln(YPD * 10^6) & -0,283245 * DUMMY \\ & t = -2,24 & t = 8,20 & t = -2,23 & t = -6,19 \\ & R^2 = 0,89 & F = 54,09 & DW = 1,78 & \end{array} \quad (5.6)$$

Os dados utilizados nesse estudo do DAC abrangem um período de 1978 a 1997.

5.3.3 Determinando o Preço de Equilíbrio

5.3.3.1 A Função Lucro da Gol

Como já temos a Equação de Demanda da Gol (equação 5.4) e da Concorrência (equação 5.5), os seus custos variáveis (veja seção 5.3.1.1), podemos determinar a sua Função Lucro da forma da equação 5.3.3.1:

$$\pi_i(P_i, P_j, \theta_{i,t}) = (P_i - c_i)(\theta_{i,t} - bP_i + dP_j)$$

Aplicando essa equação genérica no caso da Gol e da Concorrência, temos:

$$\pi_G(P_G, P_C, \theta_{G,t}) = (P_G - c_G)(\theta_{G,t} - bP_G + dP_C)$$

e

$$\pi_C(P_C, P_G, \theta_{C,t}) = (P_C - c_C)(\theta_{C,t} - bP_C + dP_G)$$

Onde P_G e P_C representam os preços unitários (preço por quilômetro) praticados pela Gol e pela Concorrência. Utilizando os valores de $\theta_{G,0} = 20$, $\theta_{C,0} = 13$ ($t = 0$), $c_G = 0,2193$, $c_C = 0,3342$, $b_G = 100$, $d_G = 45,55$, $b_C = 45,55$ e $d_C = 100$ estimados anteriormente, temos a seguinte Função Lucro para a Gol e para a Concorrência:

$$\pi_G(P_G, P_C, \theta_{G,t}) = (P_G - 0,2193)(20 - 100P_G + 45,55P_C) \quad (5.7)$$

$$\pi_C(P_C, P_G, \theta_{C,t}) = (P_C - 0,3342)(13 - 45,55P_C + 100P_G) \quad (5.8)$$

5.3.3.2 A Função Reação da Gol

Conforme explicado na seção 4.5.4, a função reação da Gol indica o nível de preço ótimo a ser estabelecido para cada nível de preço do Concorrente. Como estamos tratando de um jogo simultâneo, ela será obtida aqui maximizando-se o valor presente do projeto $V_G(P_G, P_C) \equiv \pi_G/k$ com relação ao seu próprio preço P_G .

Assim, chegamos na equação 4.9, repetida a seguir:

$$R_G(P_C) = \frac{(\theta_{G,t} + dP_C)(1 + bq_C) + bc_C}{b(2 + bq_C)}$$

Para a Gol, utilizando as constantes estimadas anteriormente, temos (em $t = 0$):

$$\begin{aligned} R_i(P_j) &= \frac{(20 + 45,55P_j)(1 + 100 * 50) + 100 * 0,2193}{100(2 + 100 * 50)} \\ R_i(P_j) &= 0,20 + 0,46P_j \end{aligned}$$

5.3.4 Determinando o Preço de Equilíbrio

O preço de equilíbrio para em $t = 0$ é determinado aplicando-se o valor das constantes na equação 4.10, derivada na seção 4.5.4.1.

$$P_i^* = \frac{2b(\theta_{i,t} + bc_i) + d(\theta_{j,t} + bc_j)}{4b^2 - d^2}$$

Dessa maneira, temos que o preço inicial de equilíbrio para a Gol é:

$$\begin{aligned} P_G^* &= \frac{2 * 100(20 + 45,55 * 0,2193) + 45,55(13 + 100 * 0,3342)}{4 * 100^2 - 45,55^2} \\ P_G^* &= 0,2769 \end{aligned}$$

E o preço inicial de equilíbrio para a Concorrência é:

$$\begin{aligned} P_C^* &= \frac{2 * 100(13 + 45,55 * 0,3342) + 45,55(20 + 100 * 0,2193)}{4 * 100^2 - 45,55^2} \\ P_C^* &= 0,2952 \end{aligned}$$

5.4 Desenvolvendo o Estudo de Caso da Entrada da Gol

Para aplicar o modelo apresentado para a entrada da Gol no mercado doméstico de transporte aéreo, precisamos determinar os outros parâmetros do modelo binomial, como a taxa de crescimento (u) e decréscimo (d) da demanda e a probabilidade de aumento ou diminuição da mesma (p e q).

Em seguida, temos o mesmo jogo da forma extensiva apresentado na seção 4.6, onde devemos resolver os equilíbrios da árvore de eventos e determinar o valor dessa opção por indução reversa.

5.4.1 Determinação dos Parâmetros do Modelo

Para que possamos determinar o valor da opção na árvore, precisamos determinar alguns parâmetros do modelo, conforme vimos na seção 2.3.2. Inicialmente estimamos u e d , que indica a amplitude da variação da demanda total do mercado. Para isso utilizamos

a equação seguinte:

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}}; d = e^{-\sigma\sqrt{t}} \quad (5.9)$$

O σ é a estimativa volatilidade total da demanda do mercado, que vimos como Demanda Global no estudo do DAC visto na seção 5.3.2, que estimamos ser aproximadamente de 3,11 milhões de passageiros (período de 2000 a 2005). Apesar da demanda do mercado não ter flutuado recentemente, pois há uma tendência de crescimento, como vimos na Figura 12, assumimos como premissa para estimarmos u e d através da equação 5.9 que existe a possibilidade também de queda da demanda na mesma proporção.

Em seguida, utilizamos os dados de demanda de 2000 a 2005 (Tabela 8) para estimarmos a volatilidade (σ) da demanda global do mercado, calculando o \ln da taxa de crescimento, que é $\frac{PAX - km_t}{PAX - km_{t-1}}$. Dessa forma, para o período de 2000 a 2005 estimamos $\sigma = 0,08925$.

Aplicando o σ calculado na equação 5.9, temos os valores para u e d :

$$u = e^{\sigma\sqrt{1}} = e^{0,08925} = 1,0934$$

Dessa forma, como $d = 1/u$, temos $d = 0,9146$.

Para determinarmos p utilizamos a equação 2.12, repetida abaixo:

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d}$$

Precisamos, para isso, determinar a taxa livre de risco r_f , que segundo Minardi et al. (2005) deve ser a taxa de juros paga por um título do governo dos EUA, pois dado investimento ser em dólares e o montante que estamos tratando, o mesmo poderia ser alavancado por um empréstimo no mercado internacional.

Dessa forma, temos para $r_f = 0,0516$, que é a taxa de juros paga pela Nota do Tesouro dos EUA com vencimento em 10 anos (*10-year Treasury Note*), em Janeiro de 2001 (FED, 2000), época da entrada da Gol no mercado.

$$p = \frac{(1 + 0,0516) - 0,9146}{1,0934 - 0,9146} = 0,7663$$

Dado $p = 0,7663$, podemos determinar $q = 1 - p = 0,2337$.

5.5 As Alternativas de Entrada

As alternativas de entrada no mercado diferem fundamentalmente em dois aspectos: a credibilidade e a rapidez da entrada. A alternativa da *compra* permite uma competição muito mais imediata, onde os concorrentes não têm muito tempo para se preparar. Dessa forma, consideramos que, nesse caso, temos um jogo simultâneo, caracterizado por equilíbrios de Bertrand, conforme vimos anteriormente.

No caso da *construção*, temos uma movimentação muito mais lenta por parte do novo entrante, o que permite à concorrência se preparar muito melhor. Nesse caso, temos um jogo seqüencial, do tipo de Stackelberg.

5.6 Soluciando o Problema e Determinando o Valor das Opções

Para que o problema possa ser solucionado, temos que determinar uma série de parâmetros, que serão aplicadas para encontrarmos o valor de equilíbrio nos nós finais (solução do jogos) e, em seguida, da determinação do valor da opção.

Os parâmetros que precisamos para resolvermos a árvore binomial foram desenvolvidos na seção 5.4.1 e são:

- $\sigma = 0,08925$ (volatilidade da demanda)
- $u = 1,0934$ (multiplicador para crescimento de demanda)
- $d = 1/u = 0,9146$ (multiplicador para decréscimo de demanda)
- $p = 0,7663$ (probabilidade de aumento da demanda)
- $q = 0,2337$ (probabilidade de diminuição da demanda)
- $r_f = 0,0516$ (taxa livre de risco - anual)
- $I = 50$ (em milhões de US\$ - investimento no Período 2 - aumento da frota de aviões)
- $\theta_0 = 33$ (em milhões de PAX-km transportados - demanda total inicial)
- $\theta_{G,0} = 20$ (em milhões de PAX-km transportados - demanda inicial potencial da Gol)

- $\theta_{C,0} = 13$ (em milhões de PAX-km transportados - demanda inicial potencial da Concorrência)

5.6.1 Resultados Obtidos

Seguindo todo o método explicado, criamos a árvore binomial e a resolvemos, utilizando a indução reversa. Podemos ver os resultados do primeiro cenário, utilizando os parâmetros da seção anterior na Figura 15, onde a Gol é o jogador A e a concorrência o jogador B.

O resultado indica que a entrada da Gol no mercado é muito recomendada, gerando um valor de US\$ 6.719 mil em apenas dois anos, sobre um investimento de apenas US\$ 20 milhões na entrada (K_a) e mais US\$ 50 milhões no segundo período (I). Verificando como a concorrência se desenvolve ao longo dos dois períodos na árvore, vemos que a Gol irá desfrutar de um cenário monopolístico, com a concorrência optando a se retirar do mercado completamente. O resultado se aproxima muito do valor estimado para a Gol em agosto de 2006, de US\$ 6 bilhões, atingido após cinco anos de empresa (ATTUCH, 2006). Podemos ver os cenários que são soluções dos jogos nos ramos grifados da Figura 15.

Isso é resultado principalmente da competição em preços e da Concorrência possuir um patamar de custos muito mais elevado: (Custo por *Passageiro* por Quilômetro - $\text{custo}/\text{PAX}/\text{km}$) da Gol ($c_G = 0,2193$) e da Concorrência ($c_C = 0,3342$). Isso inviabiliza várias das estratégias competitivas para a Concorrência. Na realidade, o mercado aéreo não tende à concentração, sendo potencialmente competitivo (GUIMARÃES; SALGADO, 2003).

Como cenários alternativos, podemos estudar casos onde temos alterações na volatilidade (metade ou o dobro) e, também, um outro onde a Concorrência possui um patamar de custos equivalente ao da Gol.

5.6.1.1 Cenário com o dobro da volatilidade original

Na Figura 16 mostramos vemos o resultado da avaliação, onde também temos uma árvore de dois passos, onde o último período não é mostrado. Nesse caso, o ambiente possui o dobro de volatilidade ($\sigma = 0,1785$), determinando $u = 1,1954$ e $d = 0,8368$. Como era de se esperar, a avaliação de investimentos via Opções Reais captura o valor das possibilidades de postergar o investimento ou abandoná-lo, resultando em um maior valor para o projeto em um cenário de maior volatilidade (US\$ 8.053 mil contra US\$ 6.719

mil do cenário inicial).

5.6.1.2 Cenário com a metade da volatilidade original

Na Figura 17 vemos o resultado da avaliação onde o ambiente possui a metade de volatilidade inicial ($\sigma = 0,0446$). Nesse cenário, $u = 1,0456$ e $d = 0,9564$ e o valor do projeto se reduz para US\$ 4.737 mil, como era de se esperar em um cenário com menor volatilidade.

Podemos ressaltar que, em ambos os cenários, não há alteração do modelo de concorrência escolhido, continuando prevalecendo o monopólio para a Gol. Como já vimos, isso é resultante principalmente da grande diferença entre os patamares de custos praticados por ela e pela Concorrência. Por isso, torna-se interessante a simulação de mais um cenário, onde a Concorrência possui custos da mesma ordem.

5.6.1.3 Cenários com patamares de custos equivalentes

Na Figura 18 vemos os resultados para um cenário onde a Gol e a Concorrência trabalham sob o mesmo patamar de custos ($c_G = c_C = 0,20$). Vamos utilizar uma volatilidade que é a metade da original ($\sigma = 0,0446$), para que possamos, em seguida, comparar o mesmo caso com o dobro da volatilidade.

Nesse caso, a forma de solucionar a árvore se altera, pois temos dois Equilíbrios de Nash para o caso de aumento e dois para o caso de diminuição da demanda do mercado. Por isso, precisamos incluir o conceito de *recompensa esperada* (FIANI, 2004, p.76), pois não temos mais um jogo de estratégias puras, mas um jogo de estratégias mistas. Nesse tipo de jogo, é necessário incluir a probabilidade que cada jogador tem de investir ou postegar (assumimos que é a mesma, ou seja de 0,5 para cada caso). Essa probabilidade é considerada para calcularmos uma ponderação dos equilíbrios de Nash necessários para a indução reversa (valores no período $t - 1$).

Nesse caso, temos um contraste muito grande com o caso inicial (Figura 15), pois não há a tendência clara para o domínio da Gol no mercado e de monopólio, mas uma clara propensão para a competição no período 2, pois os equilíbrios do jogo são do tipo Stackelberg para todos os cenários de crescimento da demanda (ramo marcado com u , mercado em crescimento) e de decréscimo da demanda (ramo marcado com d , mercado em decréscimo). Isso indica que se um dos competidores resolve investir no período 1, existe uma grande propensão pelo investimento pelo concorrente no período 2. Por essa

razão, o valor gerado se altera completamente, com o investimento para a Gol retornando como US\$ 278 milhões e a concorrência permanecendo no mercado com um valor de US\$ 529 milhões.

Nesse cenário particular, como os equilíbrios são do tipo Stackelberg, o modelo irá recomendar pela **construção** de uma empresa, ao invés da compra de uma empresa aérea já estabelecida. Esse resultado coincide com o que ocorreu em 2001, quando a Gol para entrar no mercado considerou a compra da Transbrasil, mas a idéia foi descartada devido a empresa possuir funcionários demais (CIOFFI, 2001).

Como não foi alterada nenhum dos outros parâmetros do modelo, somente os custos c_G e c_C , as Funções Reação da Gol e da Concorrência não se alteram muito, resultando em Preços de Equilíbrio bastante similares. A grande diferença aparece nos cálculos do VPL em cada um dos nós, pois o lucro, que era negativo em boa parte dos casos, se torna positivo. Uma análise mais detalhada iria requerer novas simulações para estimarmos novamente os parâmetros que determinam as Funções Reação, pois principalmente b , d e θ estão fortemente vinculados com o potencial de participação no mercado que, por sua vez, estão ligados a c_G e c_C .

Na Figura 19 vemos os resultados para um cenário onde a Gol e a Concorrência trabalham sob o mesmo patamar de custos ($c_G = c_C = 0,20$) e a volatilidade é o dobro da original ($\sigma = 0,1785$). Nesse caso, como era de se esperar, os valores resultantes da avaliação se mostram menores, mas percebemos também que já não há o domínio total de equilíbrios de Stackelberg, pois temos duas situações onde o concorrente decide não investir, resultando em monopólio. Nessa situação, a Gol vale US\$ 528 milhões e a concorrência US\$ 1.115 milhões.

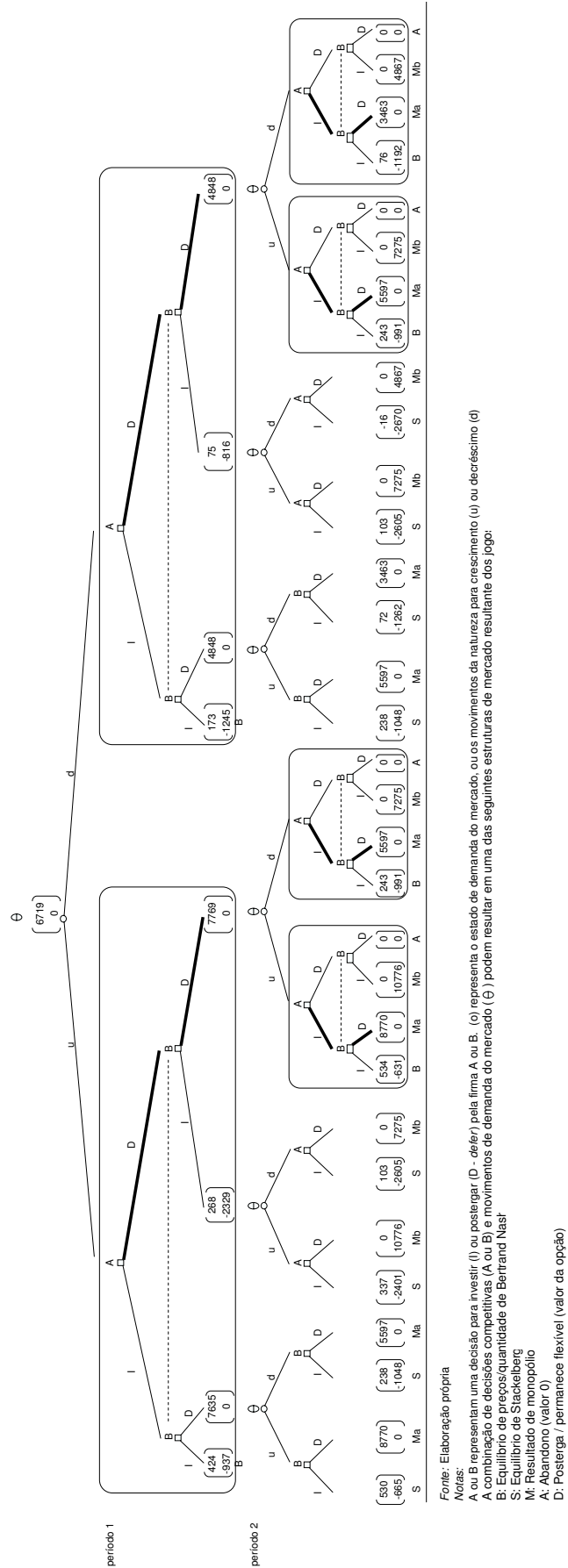
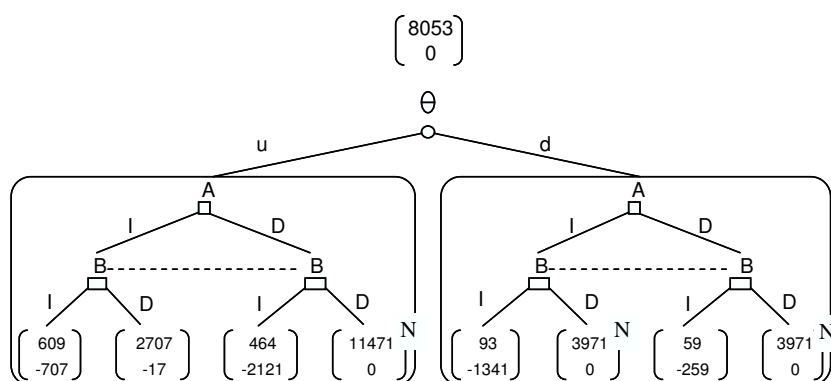
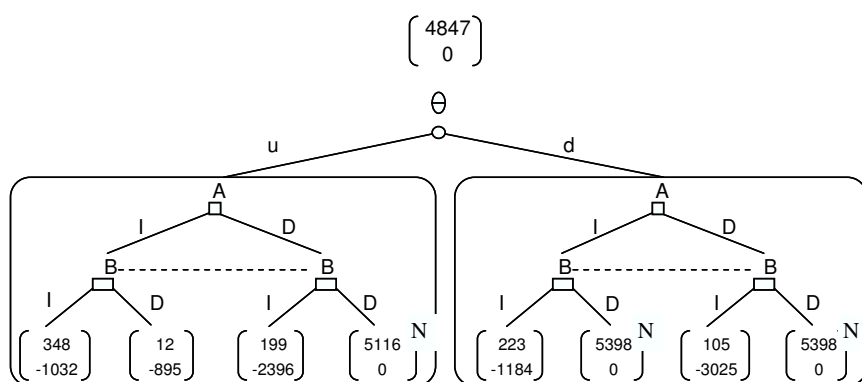


Figura 15: Determinação do Valor da Opção



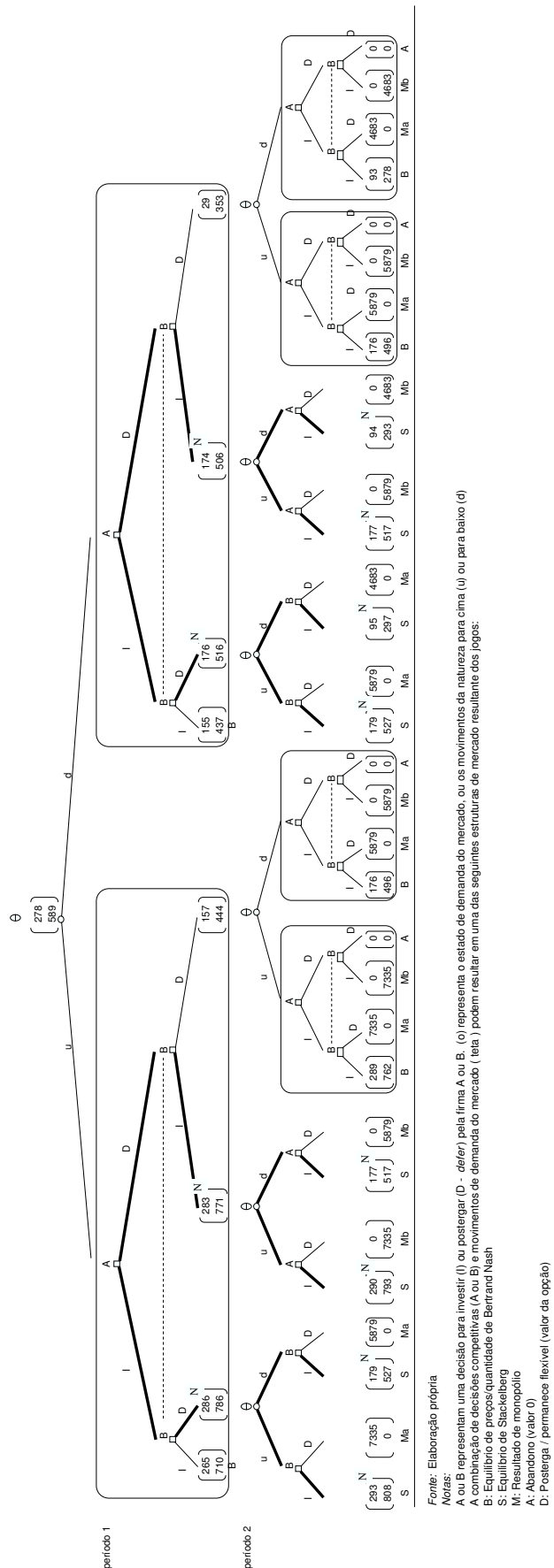
Fonte: Elaboração própria

Figura 16: Resultado do Estudo de Caso com a volatilidade em dobro



Fonte: Elaboração própria

Figura 17: Resultado do Estudo de Caso com a volatilidade pela metade



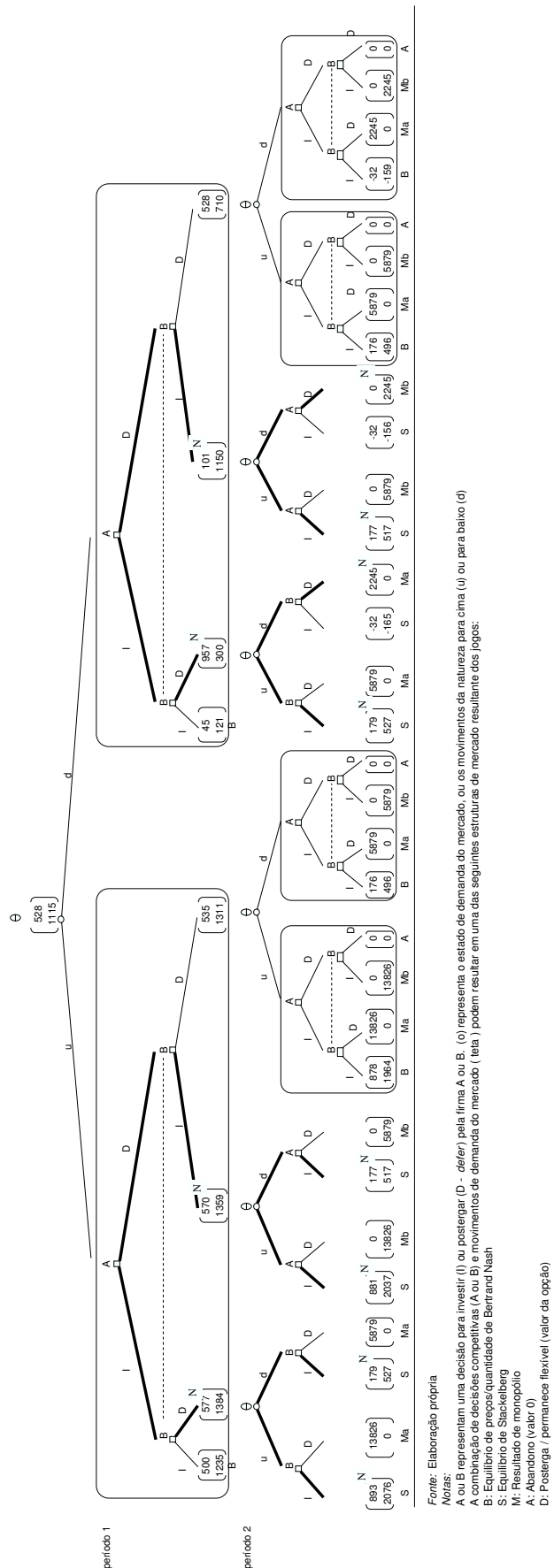


Figura 19: Resultado do Estudo de Caso com custos iguais e volatilidade igual ao dobro da original

6 Conclusão

Como vimos, o modelo apresenta grandes vantagens com relação à abordagem estática de avaliações de investimento (como o VPL), pois agrega uma visão de cenários de mercado (através das Opções Reais) e a interação estratégica entre os competidores (através da Teoria dos Jogos). Em qualquer situação, mas especialmente em mercados instáveis e voláteis, as Opções Reais agregam a possibilidade de revisão constante do projeto, onde podemos aumentá-lo, reduzi-lo ou mesmo interrompê-lo dependendo de como o cenário se desenvolva: de maneira favorável ou desfavorável. Para complementarmos o modelo, acrescentamos também a Teoria dos Jogos, ferramenta que permite a modelagem da reação da concorrência a uma movimentação de um dos competidores, acrescentando a interação estratégica que é fundamental para aproximar ainda mais o modelo de um cenário real.

O cenário escolhido para a demonstração do modelo, o mercado doméstico de transporte aéreo, mostrou-se ao final bastante complexo, principalmente devido à grande turbulência do setor que, paradoxalmente, passa por uma época de crescimento sem paralelo na história. Durante o período de desenvolvimento desse trabalho (2006), o setor passou por três crises sérias: a decadência e quase encerramento das operações da Varig, que dominou o mercado por décadas; a queda de um avião da Gol em outubro (vôo 1907 - Manaus - Brasília), trazendo preocupações sobre a fragilidade do sistema de controle aéreo no país e, por fim, a operação-padrão dos controladores de vôo, gerando sérios transtornos para a população e mais uma vez trazendo desconfiança sobre a infra-estrutura disponível para garantir o futuro do mercado da aviação civil no país (OLIVEIRA; TAVARES, 2006).

Dos problemas recentes, a quase-falência da Varig favoreceu enormemente o crescimento da Gol e o aumento fantástico da sua participação no mercado, praticamente dividindo o mercado doméstico, possuindo em novembro de 2006 por volta de 35% do mercado nacional (ANAC, 2006c). Em 2006, a empresa deverá transportar 20 milhões de passageiros, faturar R\$ 4 bilhões e lucrar quase R\$ 800 milhões. O plano de expansão da frota é ousado. Segundo o seu proprietário, Constantino Jr: "Nós começamos o ano com 42 aeronaves, hoje estamos com 51 e vamos receber mais 11, chegando a 62 ainda

neste ano. Fizemos um pedido de 101 aeronaves junto à Boeing, que é a maior encomenda da história na América Latina. É só avião novo.” (ATTUCH, 2006). Não por acaso, a Gol acaba de ser escolhida pela Aviation Week como a mais eficiente do mundo em 2005 (GOL, 2006), com uma rentabilidade de 20% num setor que, além de regulado, é marcado por colossais prejuízos.

A desconfiança geral resultante dos problemas no controle de tráfego aéreo gerou um impacto negativo no mercado e na Gol que já gerou prejuízos consideráveis (SANDRINI, 2006), o que é mais um fator de perturbação da demanda do mercado que dificultaria qualquer trabalho de avaliação de investimentos.

Como o modelo não agrega restrições de crescimento ou capacidade de absorção da demanda gerada, o cenário que se configurou ao final dos dois anos do Estudo de Caso foi de total domínio do mercado pela Gol, o que podemos considerar como irrealista, pois não haveria condição de absorver todo o mercado em tão pouco tempo. No entanto, por outro ponto de vista, não invalida a hipótese da saída das concorrentes que não conseguem se manter com um patamar de custos muito superior.

No entanto, uma análise onde os custos são mais equilibrados leva a resultados completamente diversos, indicando uma tendência clara pela competição quando isso é possível. O modelo é capaz de mostrar também quando há uma tendência pela postergação da decisão de investimento, ao invés do estabelecimento imediato da concorrência (ambos investem resultando em um equilíbrio de Bertrand).

No entanto, é nesse tipo de ambiente, onde temos uma série de variáveis que dificultam a avaliação de investimentos, que o modelo mostra realmente a sua força, pois incorpora de maneira efetiva tanto as possíveis mudanças no cenário econômico (com as Opções Reais) como as interações estratégicas com a concorrência (através da Teoria dos Jogos).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). *Empresas Aéreas Nacionais Regulares*: Lista das empresas brasileiras de transporte aéreo regular. Brasília, Out. 2006.

_____. *Empresas Aéreas Não-Regulares*: Empresas brasileiras de transporte aéreo não regular. Brasília, Out. 2006.

_____. *Tráfego Aéreo - Dados Comparativos Avançados - Novembro 2006 x 2005*: Empresas brasileiras de transporte aéreo regular. Brasília, Nov. 2006.

AMRAM, M.; KULATILAKA, N. *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston: Harvard Business School Press, 1999.

ATTUCH, L. Nas asas da gol. *IstoÉ Dinheiro*, São Paulo, 30 ago. 2006. Disponível em: <http://www.terra.com.br/istoedinheiro/467/negocios/asas_gol.htm>. Acesso em: 09/11/2006.

BAGWELL, K.; WOLINSKY, A. Game theory and industrial organization. In: _____. *Handbook of Game Theory with Economic Applications*. Jerusalém - Israel: Elsevier Science Publishers, 2002. v. 3, cap. 49.

BHATTACHARYA, S. Imperfect information, dividend policy, and "the bird in the hand" fallacy. *Bell Journal of Economics*, v. 10, n. 1, p. 259–270, Spring 1979.

BINDER, M. P. *Discussão do modelo porteriano através de críticas, teoria dos recursos e o caso GOL*. 2003. Dissertação (Mestrado) — Escola de Administração de Empresas de São Paulo - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, p. 637–54, 1973.

BORISON, A. Real options analysis: Where are the emperor's clothes. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 17, n. 2, p. 17–31, Spring 2005.

BOYER, M.; GRAVEL Éric; LASSERRE, P. Real options and strategic competition: A survey. In: REAL OPTIONS - THEORY MEETS PRACTICE, 8th., 2004, Montréal, Canada. 2004. p. 29. Disponível em: <<http://www.realoptions.org/papers2004/BoyerGravelLasserre.pdf>>. Acesso em: 09/11/2006.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. *Principles of Corporate Finance*. 7th. ed. New York: McGraw-Hill Irwin, 2003.

- BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Evaluating natural resource investments. *Journal of Business*, v. 58, n. 2, p. 135–57, Apr. 1985.
- BRICKLEY, J.; SMITH, C.; ZIMMERMAN, J. An introduction to game theory and business strategy. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 2, n. 13, p. 84–98, 2000.
- CIOFFI, S. Para empresário, crise não atinge a gol. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 20 Set. 2001. Dinheiro, B8.
- COMANDO DA AERONÁUTICA - DEPARTAMENTO DE AVIAÇÃO CIVIL (DAC). *Demanda Global*. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.dac.gov.br/arquivos/pdf/demandaGlobalTranspAer1998.pdf>>. Acesso em: 10/2/2006.
- _____. *Anuário do Transporte Aéreo*: Volume ii - dados econômicos. Brasília, 2001.
- _____. *Anuário do Transporte Aéreo*: Volume ii - dados econômicos. Brasília, 2002.
- _____. *Anuário do Transporte Aéreo*: Volume ii - dados econômicos. Brasília, 2003.
- _____. *Anuário do Transporte Aéreo*: Volume ii - dados econômicos. Brasília, 2004.
- _____. *Anuário do Transporte Aéreo*: Volume ii - dados econômicos. Brasília, 2005.
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. *Opções Reais: Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- COPELAND, T.; TUFANO, P. A. A real-world way to manage real options. *Harvard Business Review*, v. 82, n. 3, p. 90–99, Mar. 2004.
- COTTRELL, T.; SICK, G. Real options and follower strategies: The loss of real option value to first-mover advantage. *The Engineering Economist*, v. 47, n. 3, p. 232–263, 2002.
- COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, n. 7, p. 229–264, 1979.
- DAMODARAN, A. *Investment Valuation*. 1st.. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- _____. The promise and peril of real options. New York, 1999. Disponível em: <<http://pages.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/realopt.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- DIAS, M. *Real Options Approach to Petroleum Investment*. 2004. Disponível em: <www.puc-rio.br/marco.ind/main.html>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. *Investment under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press, 1996.
- EID JUNIOR, W. Custo e estrutura de capital: O comportamento das empresas brasileira. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, v. 36, n. 4, p. 51–59, Out./Nov/Dez. 1996.

- FEDERAL RESERVE. EUA, 2000. Disponível em: <http://www.federalreserve.gov/releases/h15/data/Monthly/H15_TCMNOM_Y10.txt>. Acesso em: 14/02/2007.
- FEITOSA, W. R. Estratégia e políticas de preço no mercado de aviação: caso da Gol Transportes Aéreos. *Turismo em Análise*, v. 13, n. 1, p. 49–65, Mai. 2002.
- FIANI, R. *Teoria dos Jogos*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- GOL. *GOL é a Companhia Aérea de Melhor Performance pela Aviation Week & Space Technology*: Press release - 1 de agosto de 2006. São Paulo, Ago. 2006.
- GOOGLE. Real Options - Pesquisa Google. 2006. Disponível em: <<http://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&q=real+options&btnG=Pesquisa+Google&meta=>>>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- GRENIER, S. R. Option exercise games: The intersection of real options and game theory. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 5, n. 51, p. 99–106, 2000.
- GUIMARÃES, E. A.; SALGADO, L. H. A regulação do mercado de aviação civil no Brasil. *IPEA - Notas Técnicas 2*, Rio de Janeiro, Out. 2003. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/pub/notas/notastecnicas2.pdf>>. Acesso em: 09/10/2006.
- HUISMAN, K. J. et al. Strategic investment under uncertainty: merging real options with game theory. *Social Science Research Network*, Jan. 2003. CentER Discussion Paper No. 2003-06. Disponível em: <<http://www.ssrn.com/>>. Acesso em: 15/3/2006.
- JANUSZEWSKI, S. I. The effect of air traffic delays on airline prices. University of California, San Diego. Jul. 2004. Disponível em: <<http://weber.ucsd.edu/~sjanusze/www/airtrafficedelays.pdf>>. Acesso em: 19/7/2006.
- KESTER, W. C. Today's options for tomorrow's growth. *Harvard Business Review*, p. 153 a 160, Mar./Abr. 1984.
- LAMBRECHT, B. M. The timing and terms of takeovers under uncertainty: A real options approach. JIMS Working Paper 3/2001. Mar. 2001.
- LELAND, H. E.; PYLE, D. H. Informational asymmetries, financial structure, and financial intermediation. *Journal of Finance*, v. 32, n. 2, p. 371–387, May 1977.
- LINTZ, A. C.; SOUSA, A. F. d. O modelo de opções reais para avaliação de projetos de investimento de capital. *V Seminários em Administração FEA-USP - Estudo de Caso de Finanças*, Jun. 2001.
- LUEHRMAN, T. A. Investment opportunities as real options: Getting started on the numbers. *Harvard Business Review*, v. 76, n. 4, p. 51–60, 1998a.
- _____. Strategy as a portfolio of real options. *Harvard Business Review*, v. 76, n. 5, p. 89–99, 1998b.
- LUENBERGER, D. G. *Investment Science*. 1st. ed. New York: Oxford University Press, 1998.

- MAGALHÃES, M. Empresas low cost cobram até cinquenta por cento a menos que as grandes e democratizam vôos. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 8 jan. 2001. Turismo, G10.
- MAGEE, J. F. Decision trees for decision making. *Harvard Business Review*, v. 42, n. 4, p. 126–138, Jul./Aug. 1964.
- MARTINEZ, A. L. Opções reais na análise de contratos de leasing. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, v. 38, n. 2, p. 36–48, Abr./Jun. 1998.
- MATTOS, A.; GRINBAUM, R. Aeropovo quer decolar com meia tarifa. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 7 jan. 2001. Dinheiro, B1.
- MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The value of waiting to invest. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 101, n. 4, p. 707–27, Nov. 1986.
- MINARDI, A. et al. Estimando o custo de capital de companhias fechadas no brasil para uma melhor gestão estratégica de projetos. *IBMEC - Centro de Pesquisa em Estratégia - CPE*, n. 003, Fev. 2005.
- MINARDI, A. M. A. F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 2, p. 74–79, Abr./Jun. 2000.
- MYERS, S. C. Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, v. 5, n. 2, p. 147–76, 1977.
- _____. Finance theory and financial strategy. *Interfaces*, v. 14, n. 1, p. 126–137, Jan./Fev. 1984.
- NASH JUNIOR, J. F. Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, v. 54, n. 2, Set. 1951.
- NEUMANN, J. von; MORGENTERN, O. *Theory of games and economic behavior*. Princeton: Princeton University Press, 1944.
- OLIVEIRA, A. V. M. An empirical model of low cost carrier entry: The entry patterns of Gol airlines. São José dos Campos - SP, 2005. Documento de Trabalho N.002 - Acervo Científico do Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo (NECTAR). Disponível em: <<http://www.nectar.ita.br/dt002-05.pdf>>. Acesso em: 13/02/2007.
- OLIVEIRA, E.; TAVARES, M. Ministério da defesa no meio do tsunami. *O Globo*, Rio de Janeiro, p. 31, 4 nov. 2006. Economia.
- ROCHMAN, R. R. *Modelo de Maximização de Valor em um Ambiente de Incertezas e Restrições Operacionais: uma Aplicação da Teoria das Restrições Aliada a Teoria das Opções Reais*. 2005. Tese (Doutorado) — Escola de Administração de Empresas de São Paulo - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.
- ROSS, S. A. The determination of financial structure: The incentive-signalling approach. *The Bell Journal of Economics*, v. 8, n. 1, p. 23–40, Spring 1977.
- _____. Uses, abuses, and alternatives to the net-present-value rule. *Financial Management*, v. 3, n. 24, p. 96–102, 1995.

SAITO, R.; SCHIOZER, D. J.; CASTRO, G. N. Simulação de técnicas de engenharia de reservatórios: exemplo de utilização de opções reais. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 2, p. 64–73, Abr./Jun. 2000.

SANDRINI, J. Valor de mercado de TAM e Gol cai R\$ 5 bi com apagão aéreo. *Folha S. Paulo*, São Paulo, 7 Dez. 2006. Dinheiro. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi0712200632.htm>>. Acesso em: 07/12/2006.

SANTIAGO FILHO, J. L.; FAMÁ, R. Avaliação de empresas através de múltiplos: Uma comparação entre as empresas do Brasil e dos EUA. *V Seminários em Administração FEA-USP - Estudo de Caso de Finanças*, Jun. 2001.

SCHMIDT, J. Real options and strategic decision-making. In: SEMINAR IN BUSINESS STRATEGY AND INTERNATIONAL BUSINESS, 2003, Helsinki - Finlândia. 2003. Disponível em: <www.tuta.hut.fi/studies/Courses_and_schedules/Isib/TU-91.167/Old_seminar_papers/Schmidt_Jens.pdf>. Acesso em: 09/03/2006.

SHACKLETON, M. B.; TSEKREKOSY, A. E.; WOJAKOWSKIZ, R. Strategic entry and market leadership in a two-player real options game. *Journal of Banking & Finance*, v. 28, n. 1, p. 179–201, Jan. 2004.

SHY, O. *Industrial Organization: Theory and Applications*. 1a. ed. Cambridge: MIT Press, 1995.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS AEROVIÁRIAS (SNEA). Rio de Janeiro, Jan. 2006. Disponível em: <https://www.snea.com.br/releases/2005_aereas_superam_pib.html>. Acesso em: 4/12/2006.

_____. *Situação e Perspectivas do Setor Aéreo Comercial*. Rio de Janeiro, Fev. 2006. Disponível em: <https://www.snea.com.br/estudos/situacao_perspectiva_fev_2006.zip>. Acesso em: 4/12/2006.

SMIT, H. T. J. Acquisition strategies as option games. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 2, n. 41, p. 79–89, 2001.

SMIT, H. T. J.; ANKUN, L. A. A real options and game-theoretic approach to corporate investment strategy under competition. *Financial Management*, n. 22, p. 241–250, Autumn 1993.

SMIT, H. T. J.; TRIGEORGIS, L. Flexibility and commitment in strategic investment. In: _____. *Real options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions*. Cambridge: MIT Press, 2001. cap. 21.

_____. *Strategic Investment: Real Options and Games*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

SMITH, K. W.; TRIANTIS, A. J. The value of options in strategic acquisitions. In: _____. *Real options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions*. Cambridge: MIT Press, 2001. cap. 19.

TOURINHO, O. A. F. *The Option Value of Reserves of Natural Resources*. 1979. Tese (Doutorado) — University of California at Berkeley, Berkeley. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/ucb/calbrf/94.html>>. Acesso em: 13/02/2007.

TRIAANTIS, A. Realizing the potential of real options: Does theory meet practice? *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 17, n. 2, p. 8–16, Spring 2005.

VARIAN, H. R. *Microeconomia - Princípios Básicos*. 6.ed.. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

WALDRON, D. G. Valuing alternative market entry strategies as Real-Options. In: ACADEMY OF BUSINESS & ADMINISTRATIVE SCIENCES - INTERNATIONAL CONFERENCES, 10th., 2000, Prague, Czech Republic. *Proceedings*. Disponível em: <<http://www.sba.muohio.edu/abas/2000/WaldroDa.pdf>>. Acesso em: 16/04/2006.

APÊNDICE A – Determinação da Equação de Demanda da Gol e da Concorrência

Para estimarmos os parâmetros da equação de demanda da Gol (e da concorrência) seguimos os seguintes passos:

1. Foi construída uma tabela com os possíveis níveis de preço praticados pela Gol e pela Concorrência;
2. Foi estabelecido um patamar real para balizar os cálculos: escolhemos o ano de 2005, onde os preços eram $P_G = 0,32$ e $P_C = 0,36$, a participação da Gol era de 25% e os lucros daquele ano foram de R\$ 483.423 mil;
3. Para cada nível de simulação de preços, foram determinados proporcionalmente com relação ao patamar escolhido P_G e P_C . Por exemplo, para um nível de preços da concorrência de 100% e nível da Gol de 50%, ou seja, metade do preço, estimamos $P_G = 0,5 * 0,36 = 0,18$ e $P_C = 1 * 0,36 = 0,36$.
4. Estimamos níveis adequados também para θ , necessário para determinar Q_g via equação de demanda;
5. Para cada nível de θ , P_G e P_C , aplicamos a equação de demanda $Q_g = \theta - bP_G + dP_C$ com diferentes possibilidades de b e d para determinar Q

Veja uma ilustração da planilha utilizada na Figura 20.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Pg (%)	Pc (%)	Qeg (%)	Qeg	Pg	Pc	b*Pg	d*Pc	teta	Q	Part(%)	Lucro
40	100	50	16,5	0,14	0,36	19,50	43,23	5	28,44	86%	1.686.839.178
50	100	45	14,85	0,18	0,36	24,38	43,23	5	23,56	71%	1.397.684.905
60	100	40	13,2	0,22	0,36	29,25	43,23	5	18,69	57%	1.108.530.632
70	100	35	11,55	0,25	0,36	34,13	43,23	5	13,81	42%	819.376.358
80	100	30	9,9	0,29	0,36	39,00	43,23	5	8,94	27%	530.222.085
90	100	25	8,25	0,32	0,36	39,87	43,23	5	8,07	24%	478.619.169
100	100	0	6,6	0,36	0,36	48,75	43,23	5	-0,81	-2%	-48.086.462
50	50	0	6,6	0,18	0,18	24,38	21,61	5	1,95	6%	115.767.627
55	55	0	6,6	0,20	0,20	26,81	23,77	5	1,68	5%	99.382.218
60	60	0	6,6	0,22	0,22	29,25	25,94	5	1,40	4%	82.996.809
65	65	0	6,6	0,23	0,23	31,69	28,10	5	1,12	3%	66.611.400
70	70	0	6,6	0,25	0,25	34,13	30,26	5	0,85	3%	50.225.991
75	75	0	6,6	0,27	0,27	36,56	32,42	5	0,57	2%	33.840.583
80	80	0	6,6	0,29	0,29	39,00	34,58	5	0,29	1%	17.455.174
85	85	0	6,6	0,31	0,31	41,44	36,74	5	0,02	0%	1.069.765
90	90	0	6,6	0,32	0,32	43,88	38,90	5	-0,26	-1%	-15.315.644
95	95	0	6,6	0,34	0,34	46,31	41,06	5	-0,53	-2%	-31.701.053
100	100	0	6,6	0,36	0,36	48,75	43,23	5	-0,81	-2%	-48.086.462
100	50	0	0	0,36	0,18	48,75	21,61	5	-22,42	-68%	-1.330.003.740
95	55	0	0	0,34	0,20	46,31	23,77	5	-17,82	-54%	-1.057.234.875
90	60	0	0	0,32	0,22	43,88	25,94	5	-13,23	-40%	-784.466.011
85	65	0	3,3	0,31	0,23	41,44	28,10	5	-8,63	-26%	-511.697.146
80	70	0	4,95	0,29	0,25	39,00	30,26	5	-4,03	-12%	-238.928.282
75	75	0	6,6	0,27	0,27	36,56	32,42	5	0,57	2%	33.840.583
70	80	25	8,25	0,25	0,29	34,13	34,58	5	5,17	16%	306.609.447
65	85	30	9,9	0,23	0,31	31,69	36,74	5	9,77	30%	579.378.312
60	90	35	11,55	0,22	0,32	29,25	38,90	5	14,37	44%	852.147.176
55	95	40	13,2	0,20	0,34	26,81	41,06	5	18,97	57%	1.124.916.041
50	100	45	14,85	0,18	0,36	24,38	43,23	5	23,56	71%	1.397.684.905

Figura 20: Planilha utilizada para determinar os coeficientes da Curva de Demanda

ANEXO A – Derivando o Preço de Equilíbrio

Detalhamos aqui como foi determinado o Preço de Equilíbrio apresentado na seção 4.5.4.1 (equação 4.10):

Partimos da Função Reação:

$$R_i(P_j) = \frac{(\theta_{i,t} + dP_j)(1 + bq_i) + bc_i}{b(2 + bq_i)} \quad (\text{A.1})$$

Substituindo $R_j(P_i)$ no lugar de P_j na equação A.1, temos:

$$R_j(P_i) = \frac{(\theta_{j,t} + dP_i)(1 + bq_j) + bc_j}{b(2 + bq_j)} \quad (\text{A.2})$$

$$R_j(P_i) = \frac{(\theta_{j,t} + d(\frac{(\theta_{i,t} + dP_j)(1 + bq_i) + bc_i}{b(2 + bq_i)}))(1 + bq_j) + bc_j}{b(2 + bq_j)} \quad (\text{A.3})$$

$$\begin{aligned} R_j(P_i) &= \frac{(bq_i + 1)bq_j + bq_i + 1)d\theta_{j,t}}{((b^4q_i + 2b^3)q_j + 2b^3q_i + ((-bq_i - 1)bq_j - bq_i - 1)d^2 + 4b^2)} \\ &+ \frac{(b^3q_i + b^2)q_j + 2b^2q_i + 2b)\theta_{i,t}}{((b^4q_i + 2b^3)q_j + 2b^3q_i + ((-bq_i - 1)bq_j - bq_i - 1)d^2 + 4b^2)} \\ &+ \frac{b^3c_iq_j}{((b^4q_i + 2b^3)q_j + 2b^3q_i + ((-bq_i - 1)bq_j - bq_i - 1)d^2 + 4b^2)} \\ &+ \frac{(b^2q_i + b)c_jd}{((b^4q_i + 2b^3)q_j + 2b^3q_i + ((-bq_i - 1)bq_j - bq_i - 1)d^2 + 4b^2)} \\ &+ \frac{2b^2c_i}{((b^4q_i + 2b^3)q_j + 2b^3q_i + ((-bq_i - 1)bq_j - bq_i - 1)d^2 + 4b^2)} \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

Para simplificar, podemos considerar $q_i = 0$ e $q_j = 0$. Dessa maneira, a equação A.4 fica:

$$P_i^* = \frac{2b(\theta_{i,t} + bc_i) + d(\theta_{j,t} + bc_j)}{4b^2 - d^2} \quad (\text{A.5})$$

*ANEXO B – Tabelas com os dados do
mercado doméstico de
transporte aéreo de
passageiros*

DISCRIMINAÇÃO	GOL	VARIG	TRANSPRASIL	VASP	TAM	INDÚSTRIA
RECEITAS						
Passagens	217.813.784	1.850.227.535	260.249.658	766.159.426	1.773.344.206	4.649.980.825
Excesso de Bagagem	753.155	6.880.750	1.905.522	6.768.807	21.456	15.576.535
Carga	6.037.300	203.516.442	24.633.171	129.582.071	139.266.731	496.998.415
Mala Postal	20	45.898.070	0	0	0	45.898.070
Fretamento Pax	1.712.648	26.905.775	238.094	0	138.092.171	165.236.040
Fretamento Carga	0	1.891.984	7.066.069	0	25.444.224	34.402.277
Outras Receitas de Voo	5.410.283	0	0	0	0	0
Total das Receitas	231.727.190	2.135.320.556	294.092.514	902.510.304	2.076.168.788	5.408.092.162
CUSTOS DIRETOS						
Tripulantes Técnicos	9.685.900	113.188.632	16.318.408	40.421.411	114.317.262	284.245.713
Comissários de Bordo	5.859.554	73.911.694	15.767.036	29.475.260	82.053.099	201.207.089
Combustível	44.911.417	457.901.540	83.245.679	306.885.200	449.608.399	1.297.640.818
Deprec. Equip. de Voo	2.673.545	42.726.526	5.225.429	42.445.509	72.427.483	162.824.947
Manutenção e Revisão	12.328.559	225.739.258	44.910.928	74.792.809	319.083.320	664.526.315
Seguro de Aviação	7.523.701	4.360.068	2.758.013	2.439.647	19.095.466	28.653.194
Arrendamento de Aviação	58.816.510	273.869.841	47.285.176	13.316.865	266.270.708	600.742.590
Taxas de Pousa	3.530.563	17.572.962	3.849.826	11.611.171	61.673.369	94.707.328
Auxílio à Navegação	10.942.869	65.766.200	13.833.020	55.622.919	81.302.902	216.525.041
Total Custos Diretos	156.272.618	1.275.036.721	233.193.515	577.010.791	1.465.832.008	3.551.073.035
CUSTOS INDIRETOS						
Organização Terrestre	13.823.263	167.210.671	35.173.367	67.519.618	94.132.367	364.036.023
Serviço ao Passageiro	3.581.977	110.698.621	9.533.537	17.292.988	103.377.984	240.903.130
Outras Despesas	0	1.050.430	0	69.756	1.183.279	2.303.465
Total Custos Indiretos	17.405.240	278.959.722	44.706.904	84.882.362	198.693.630	607.242.618
DESP. OPERACIONAIS						
Desp. Comerciais Pax	40.573.674	399.980.683	63.342.892	167.461.001	348.707.302	979.491.878
Desp. Comerciais Carga	1.335.782	36.681.873	5.928.728	29.235.378	62.190.693	134.036.672
Desp. de Administração	10.873.782	167.627.580	20.918.318	183.893.821	157.321.158	529.760.877
Total Desp. Operacionais	52.783.238	604.290.136	90.189.938	380.590.200	568.219.153	1.643.289.427
CUSTOS/RESULTADOS						
Total Custos/Desp.	226.461.096	2.158.286.579	368.090.357	1.042.483.353	2.232.744.791	5.801.605.080
Resultado Operac.	5.266.094	-22.966.023	-73.997.843	-139.973.049	-156.576.003	-393.512.918
Juros de Financiamento	0	2.192.158	0	7.250.080		9.442.238
Resultado Líquido	5.266.094	-25.158.181	-73.997.843	-147.223.129	-156.576.003	-402.955.156

Tabela 6: Demonstrativos de Resultado Mercado Aéreo Doméstico (2001)

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Receita de Voo	R\$	5.058.551.637	6.188.114.752	6.996.098.310	7.958.657.343	8.890.644.411	10.008.469.760
Despesa de Voo	R\$	5.196.486.695	5.826.332.633	7.502.929.554	8.624.651.944	8.503.030.078	9.224.063.388
Resultado de Voo	R\$	-137.935.058	361.782.119	-506.831.244	-665.994.601	387.614.333	784.406.372
Assento.Km Ofer(mil)	ASS/KM	40.323.118	41.436.904	45.008.485	47.108.540	41.767.983	42.889.073
Pax.Km Transp Pg(mil)	PAX/KM	22.203.954	24.283.775	26.295.754	26.779.718	25.092.523	27.893.014
Num Pax Embarc Pg	UN	23.866.379	25.430.631	27.582.516	27.886.414	26.551.360	29.564.944
Km Voados	KM	402.071.329	409.724.213	426.982.441	413.258.333	345.726.097	347.803.839
Horas Voadas	H	760.079,18	752.318,90	775.195,33	751.776,33	608.142,71	581.831,59
Cobertura Financeira	%	97	106	93	92	104,56	108,5
Lucratividade	%	-2,73	5,85	-7,24	-8,37	4,36	7,84
Aproveitamento	%	55,1	58,6	58,4	57	60,08	65,04
Custo/Ass.Km	R\$	0,1279	0,1400	0,1658	0,1788	0,2	0,21
Yield	R\$	0,2264	0,2539	0,2646	0,2916	0,35	0,35
Break-even	%	56,5	55,2	62,7	61	57,19	59,44

Tabela 7: Evolução do Mercado Aéreo Doméstico

EMPRESAS	2000	2001	2002	2003	2004	2005
TAM	6.591.832	8.162.386	9.343.651	8.320.523	10.087.890	14.385.847
VARIG	10.715.253	10.721.051	10.481.373	8.463.071	8.764.299	8.877.719
GOL		1.260.882	3.223.636	4.817.281	6.034.492	8.150.286
VASP	3.635.828	3.804.461	3.385.816	3.072.156	2.439.610	
TRANSBRASIL	2.812.461	1.851.156				
OUTRAS	526.635	495.818	349.944	419.492	566.501	1.633.561
TOTAL	24.282.008	26.295.754	26.784.419	25.092.523	27.892.792	33.047.413

Tabela 8: Participação no Mercado Aéreo Doméstico (em PAX/km transportados)

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Receita de Voo	R\$	2.859.032.073	3.470.343.155	3.990.203.314	4.311.637.066	5.058.551.637	6.188.114.752
Despesa de Voo	R\$	2.480.412.038	3.024.112.294	3.566.217.525	4.207.456.988	5.196.486.695	5.826.332.633
Resultado de Voo	R\$	378.620.035	446.230.861	423.985.789	104.180.078	-137.935.058	361.782.119
Assento.Km Oferecido(mil)	ASS/KM	26.989.711	28.655.192	31.145.608	38.120.609	40.323.118	41.436.904
Pax.Km Transportado Pg(mil)	PAX/KM	15.693.393	16.577.901	17.823.706	22.538.754	22.203.954	24.283.775
Num Pax Embarcado Pg	UN		17.173.307	18.425.322	23.546.946	23.866.379	25.430.631
Km Voados	KM	58	301.452.976	324.472.914	385.632.855	402.071.329	409.724.213
Horas Voadas	H	50,45	568.502,25	626.288,96	742.571,88	760.079,18	752.318,90
Cobertura Financeira	%	115	115	112	102	97	106
Lucratividade	%	13	12,86	10,63	2,42	-2,73	5,85
Aproveitamento	%	58	58	57	59	55,1	58,6
Custo/Ass.Km	R\$	0,0919	0,1055	0,1145	0,1104	0,1279	0,1400
Yield	R\$	0,1822	0,2093	0,2239	0,1913	0,2264	0,2539
Break-even	%	50	50	51	58	56,5	55,2
Preço Assento	R\$	182,1806204	209,3354989	223,8705757	191,298821	227,8221059	254,8250703
Custo/Ass.Km	R\$	0,091902134	0,105534534	0,114501457	0,11037224	0,128871151	0,140607336

Tabela 9: Estrutura de Custos no Mercado Aéreo Doméstico

ANEXO C – Glossário

- Resultado Operacional: É a diferença entre o total da receita operacional e o total do custo operacional.
- Cobertura Financeira: É a relação entre as receitas e os custos da empresa. = $[Receita\ Operacional / Custo\ Operacional] \times 100$
- Lucratividade: Representatividade do resultado operacional (receita - custos) em relação às receitas operacionais. = $[Resultado / Receita\ Total] \times 100$
- Pax.Km Transportado Pg : É o produto do número de passageiros a bordo que pagaram acima de 25% da tarifa para a etapa pelo número de quilômetros voados na mesma.
- Ass.km Oferecido: É o produto do número de assentos oferecidos da aeronave pelo número de quilômetros voados conforme horário em uma determinada etapa de voo.
- No de Passageiros Embarcados Pago: É a quantidade de passageiros que pagou acima de 25% da tarifa, contado uma única vez por voo, independente do número de etapas do mesmo.
- Yield Pax.Km: Receita unitária - Receita auferida por cada Passageiro.km Transportado. = $Receita\ Total / Pax.Km\ Transportado$.
- Custo Ass.Km: Custo unitário = Custo Operacional de cada Assento. km Oferecido. = $Total\ de\ Custos\ e\ Despesas / Ass.\ Km\ Oferecidos$
- Break-Even: (Ponto de Equilíbrio) Aproveitamento acima do qual a empresa passa a ter lucro. = $[Custo\ Ass.Km / Yield\ Pax.Km] \times 100$ ou = $[Aproveitamento / Cobertura\ Financeira] \times 100$
- Aproveitamento: Proporção dos Assentos Oferecidos que foram efetivamente ocupados. É a relação entre os Pax.Km transportados e o número de Assentos.Km oferecidos. = $[Pax.Km\ Transportado\ Pago / Ass.Km\ Oferecido] \times 100$