



**Frances Fischberg Blank**

**Teoria de Opções Reais em *Project Finance* e  
Parceria Público-Privada: Uma Aplicação  
em Concessões Rodoviárias**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Engenharia Industrial da PUC-Rio como requisito  
parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Industrial.

Orientador: Tara Keshar Nanda Baidya  
Co-orientador: Marco Antonio Guimarães Dias

Rio de Janeiro  
Abril de 2008



**Frances Fischberg Blank**

**Teoria de Opções Reais em *Project Finance* e  
Parceria Público-Privada: Uma Aplicação  
em Concessões Rodoviárias**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio.  
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Tara Keshar Nanda Baidya**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Marco Antonio Guimarães Dias**

Co-orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Carlos Patricio Samanez**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão**

IAG – PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 10 de abril de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Frances Fischberg Blank**

Graduou-se em Engenharia de Produção na PUC-Rio em 1997. Cursou o MBA Executivo do Coppead – UFRJ em 2001. Trabalhou em empresas do setor financeiro em posições de gerência e diretoria, tendo participado ativamente de forma pioneira da implantação de *web site* voltado para operações em bolsa de valores. Adquiriu experiência empreendedora em negócio próprio voltado para terceirização de serviços de escritório.

#### Ficha Catalográfica

Blank, Frances Fischberg

Teoria de opções reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: uma aplicação em concessões rodoviárias / Frances Fischberg Blank ; orientador: Tara Keshar Nanda Baidya ; co-orientador: Marco Antonio Guimarães Dias. – 2008.

200 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Opções reais. 3. Project Finance. 4. Parceria público-privada. 5. PPP. 6. Concessão rodoviária. 7. Garantias governamentais. 8. Opção de abandono. I. Baidya, Tara Keshar Nanda. II. Dias, Marco Antonio Guimarães. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

A Bia, Carol e Sérgio,  
por todo amor, apoio e incentivo

## Agradecimentos

Às minhas filhas e ao meu marido, por todo amor, carinho, paciência e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, pelo amor, pela educação, pelo apoio e pelas oportunidades que sempre me proporcionaram.

Às minhas avós e minhas irmãs, pelo amor e pela atenção de sempre.

Ao meu orientador, Professor Tara Keshar Nanda Baidya, pelos ensinamentos e pela amizade ao longo destes anos de mestrado e pela ajuda, contribuição e paciência para realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Professor Marco Antonio Guimarães Dias, pelo incentivo, pela ajuda, pela atenção e pela amizade durante o período do mestrado, especialmente na realização deste trabalho.

Ao professor Luiz Eduardo Teixeira Brandão, pelas importantes contribuições sobre o tema escolhido.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pelos ensinamentos e pela ajuda em todas as horas.

A todos os meus familiares, que sempre me estimularam e me ajudaram.

Aos meus amigos e colegas, pela companhia e pelas horas de estudo em conjunto.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos para a realização deste trabalho.

## Resumo

Blank, Frances Fischberg; Baidya, Tara Keshar Nanda; Dias, Marco Antonio Guimarães. **Teoria de Opções Reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: Uma Aplicação em Concessões Rodoviárias.** Rio de Janeiro, 2008. 200p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A utilização de financiamentos baseados em *project finance* ganhou grande impulso nas últimas décadas em projetos de infra-estrutura pública. Em todo o mundo, governos têm incentivado o investimento privado nesta área através de estruturas de PPP (Parceria Público-Privada), cujo conceito vem se desenvolvendo e aprimorando. O setor de transportes apresenta vasto campo para aplicação de tais instrumentos, destacando-se as concessões rodoviárias. Dadas as características de alguns projetos envolvendo *project finance* e PPP, faz-se necessário o uso de conceitos da Teoria de Opções Reais que permitem a correta avaliação de viabilidade econômica, além de explicitarem as vantagens da utilização destes instrumentos no que se refere a alocação de riscos. Assim como no *project finance*, as PPPs envolvem compromissos contratuais, de forma que neste caso o governo pode oferecer subsídios, garantias ou outras formas de suporte com objetivo de reduzir o risco do investidor privado. Nas concessões rodoviárias, por exemplo, considerando o fator de risco relacionado ao tráfego, tem-se discutido muito sobre a questão de garantias governamentais, que podem ser oferecidas segundo diferentes modelos. O objetivo desta dissertação é rever as características relacionadas a estruturas de *project finance* e PPP, bem como aplicações existentes de conceitos de opções reais nestes casos. É apresentado um projeto hipotético de concessão rodoviária neste contexto e três opções são identificadas: garantia de tráfego mínimo, repasse de receita por tráfego máximo e possibilidade de abandono pelos acionistas.

## Palavras-Chave

Opções reais; *project finance*; parceria público-privada; PPP; concessão rodoviária; garantias governamentais; opção de abandono

## Abstract

Blank, Frances Fischberg; Baidya, Tara Keshar Nanda; Dias, Marco Antonio Guimarães. **Real Options in Project Finance and Public Private Partnership: An Application to Toll Road Concessions**. Rio de Janeiro, 2008. 200p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The use of project finance in public infrastructure projects has been growing in the last decades. Governments around the world have been motivating private investments in infrastructure through public private partnerships (PPP) framework. In the transport sector, for example, project finance and PPP are largely used in toll road concessions. Some real options can be identified in these structures and it is necessary to use the correct methodology to analyze project economic feasibility and risk allocation. The PPP agreements may include subsidies, guarantees and other forms of support designed to reduce the risk to the private investor. Regarding the revenue risk in toll road concessions, different models of traffic guarantees have been offered by governments in many countries. This thesis intends to review these concessions, keeping in mind project finance, PPP features and real options that may exist in this context. A hypothetical toll road concession is proposed and three real options are identified and analyzed: a minimum traffic guarantee, a maximum traffic ceiling and a possible abandonment by the sponsors.

## Keywords

Real options; *project finance*; public private partnership; PPP; toll road concession; government guarantees; option to abandon

# Sumário

1. Introdução	17
2. <i>Project Finance</i>	20
2.1. Definição	20
2.2. Histórico	21
2.3. Estrutura e Participantes	23
2.4. Classificação de acordo com as Garantias Concedidas	25
2.5. <i>Project Finance</i> versus Financiamento Corporativo	25
2.6. Vantagens e Desvantagens	26
2.7. Riscos	29
2.8. Tipos de Contratos	33
2.9. <i>Project Finance</i> em Projetos Públicos	35
2.10. <i>Project Finance</i> no Brasil	36
3. Parcerias Público-Privadas	39
3.1. Definições e Origens	39
3.2. Tipos de PPP	40
3.3. Riscos	43
3.4. PPP <i>versus Project Finance</i>	43
3.5. PPP no Brasil	44
4. Concessões Rodoviárias	48
4.1. Concessão de Infra-estrutura	48
4.2. Aspectos Econômico-Financeiros em Concessões Rodoviárias	50
4.3. Concessões Rodoviárias no Mundo	52
4.3.1. Concessões Rodoviárias na França	52
4.3.2. Concessões Rodoviárias na Inglaterra	53
4.3.3. Concessões Rodoviárias na Espanha	53
4.3.4. Concessões Rodoviárias nos Estados Unidos	54
4.3.5. Concessões Rodoviárias no México	55



4.3.6. Concessões Rodoviárias no Chile	56
4.4. Concessões Rodoviárias no Brasil	58
5. Teoria de Opções Reais	64
5.1. Teoria Tradicional de Análise de Investimentos	64
5.1.1. Teoria Tradicional <i>versus</i> Teoria de Opções Reais	67
5.2. Opções Financeiras	68
5.3. Tipos de Opções Reais	70
5.4. Princípio da Neutralidade ao Risco	73
5.4.1. Preço de Mercado do Risco	74
5.4.1.1. Cálculo do Preço de Mercado do Risco de uma Variável	78
5.4.2. Neutralidade ao Risco no Caso de Variáveis Não-Negociáveis	79
5.5. Simulação de Monte Carlo	80
6. Opções Reais no Contexto de <i>Project Finance</i> e PPP	83
6.1. Opções Reais em <i>Project Finance</i>	83
6.2. Opções Reais em Concessões Rodoviárias	88
6.3. Opções Reais em PPP	90
6.4. Mecanismos de Mitigação de Risco de Demanda	106
6.5. Caso Real: PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo	107
7. Projeto de Concessão Rodoviária na Presença de Opções Reais	115
7.1. Dados do Projeto	115
7.1.1. Receita	115
7.1.2. Modelagem do Tráfego	116
7.1.2.1. Estimativa de Parâmetros	118
7.1.2.2. Tráfego Esperado	119
7.1.3. Investimento e Custos	121
7.1.4. Financiamento	122
7.1.5. Fluxo de Caixa e Taxa de Desconto	122
7.2. Metodologia	123

7.2.1. Modelagem das Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Tráfego Máximo	123
7.2.1.1. Modelagem Analítica	127
7.2.1.2. Modelagem por Simulação de Monte Carlo	129
7.2.2. Modelagem da Opção de Abandono	130
7.3. Simulação Neutra ao Risco	133
7.4. Resultados	135
7.4.1. Projeto sem Presença de Opções	136
7.4.2. Projeto com Presença de Opções	139
7.4.2.1. Projeto com Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Máximo	139
7.4.2.1.1. Metodologia Analítica	142
7.4.2.1.2. Método por Simulação de Monte Carlo	146
7.4.2.1.3. Cálculos de VPL e TIR	151
7.4.2.1.4. Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia	156
7.4.2.2. Projeto com Opção de Abandono, de Garantia por Tráfego Mínimo e de Repasse por Tráfego Máximo	159
7.4.2.2.1. Curvas de Gatilho de Tráfego	160
7.4.2.2.2. VPL e Valor das Opções	162
7.4.2.2.3. Probabilidade e Tempo Médio de Abandono	164
7.4.2.2.4. Dois Níveis de Opção de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Tráfego Máximo	168
7.4.2.3. Análise de Sensibilidade do VPL Esperado	171
8. Conclusões e Recomendações	176
9. Referências Bibliográficas	180
10. Apêndices	185
10.1. Demonstrações do Capítulo 5	185
10.1.1. Preço de Mercado do Risco para Ativo com Dividendos ou Fluxo	185
10.1.2. Preço de Mercado do Risco para Variável Financeira ou Não	186

10.2. Dados de Tráfego de Rodovias Administradas pelas Empresas CCR e OHL Brasil	189
10.3. Modelagem Analítica para Dois Níveis de Pisos e Tetos de Tráfego	191
10.4. Dados do Índice ABCR e do IBovespa	192
10.5. Resultados do Projeto do Capítulo 7	193
10.5.1. Caso de um Nível de Garantia por Tráfego Mínimo	193
10.5.2. Caso de um Nível de Garantia por Tráfego Mínimo e um Nível de Repasse por Tráfego Máximo	194
10.5.3. Presença de Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia	195
10.5.4. Dados de Gatilho de Tráfego	196
10.5.5. VPL e Valor das Opções na Presença da Opção de Abandono	197
10.5.6. Probabilidade e Tempo Médio de Abandono	198
10.5.7. Análise de Sensibilidade	199

## Lista de figuras

Figura 1 – Estrutura básica de um <i>project finance</i>	23
Figura 2 – Elementos de um <i>project finance</i> influenciados por opções reais	85
Figura 3 – Faixas de mitigação de risco de demanda na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo	110
Figura 4 – Tráfego esperado e Intervalos de confiança	121
Figura 5 – Receita com opções versus Receita sem opções (caso com dois níveis de piso e teto de tráfego)	126
Figura 6 – Distribuição do VPL sem opções	136
Figura 7 – Tráfego esperado com um nível de piso	139
Figura 8 – Receita com opções versus Receita sem opções (caso com um nível de piso de tráfego)	140
Figura 9 – Tráfego esperado com um nível de piso e teto	141
Figura 10 – Receita com opções versus Receita sem opções (caso com um nível de piso e teto de tráfego)	142
Figura 11 – Valor total analítico das garantias de tráfego mínimo	143
Figura 12 – Valor analítico da opção de garantia de cada ano em $t=0$	143
Figura 13 – Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse	145
Figura 14 – Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse de cada ano em $t=0$	145
Figura 15 – Valor total das garantias de tráfego mínimo por simulação	147
Figura 16 – Valor da opção de garantia de cada ano em $t=0$ por simulação	148
Figura 17 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse por simulação	149
Figura 18 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse ano a ano em $t=0$ por simulação	150

Figura 19 – VPL esperado na presença apenas de garantias	151
Figura 20 – TIR esperada na presença apenas de garantias	152
Figura 21 – VPL esperado na presença de garantias e repasses	152
Figura 22 – TIR esperada na presença de garantias e repasses	153
Figura 23 – VPL sem opções com capacidade máxima de tráfego	157
Figura 24 – Valor total das opções de garantia com capacidade máxima de tráfego	158
Figura 25 – Valor conjunto das garantias e repasses com capacidade máxima de tráfego	159
Figura 26 – Curva de gatilho de tráfego para projeto sem opções	160
Figura 27 – Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 100%)	161
Figura 28 – Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 50%)	162
Figura 29 – Probabilidade de abandono na presença de opções de garantia e repasse	165
Figura 30 – Tempo médio de abandono na presença de opções de garantia e repasse	166
Figura 31 – VPL esperado <i>versus</i> Probabilidade de abandono	167
Figura 32 – Tráfego esperado com dois níveis de piso e teto	169
Figura 33 – VPL esperado e probabilidade de abandono para dois níveis de opções	170
Figura 34 – Sensibilidade VPL x Pedágio	171
Figura 35 – Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado	172
Figura 36 – Sensibilidade VPL x <i>Drift</i> Esperado do Tráfego	173
Figura 37 – Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego	174
Figura 38 – Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com IBovespa	175

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Modelos clássicos de parceria público-privada	42
Tabela 2 – Concessões rodoviárias federais na 1ª etapa	60
Tabela 3 – Concessões rodoviárias federais na 2ª etapa	60
Tabela 4 – Concessões rodoviárias no Brasil	61
Tabela 5 – Comparação Opção Financeira <i>versus</i> Opção Real	70
Tabela 6 – Parâmetros das concessões da CCR	118
Tabela 7 – Parâmetros das concessões da OHL	119
Tabela 8 – Valores esperados para o tráfego a cada ano	120
Tabela 9 – Fluxo de caixa real esperado sem opções	138
Tabela 10 – Valor total das opções de garantia calculado analiticamente	142
Tabela 11 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado analiticamente	144
Tabela 12 – Valor total das opções de garantia calculado por simulação	146
Tabela 13 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado por simulação	148
Tabela 14 – Fluxos de caixa reais esperados para piso de 70% e teto de 130%	155
Tabela 15 – VPL e valor das opções sem e com abandono	163
Tabela 16 – Probabilidade de abandono abaixo de 2%	168
Tabela 17 – VPL e probabilidade de abandono com dois níveis de opções de garantia e repasse	169
Tabela 18 – Dados de tráfego de rodovias administradas pela CCR	189
Tabela 19 – Dados de tráfego de rodovias administradas pela OHL Brasil	190
Tabela 20 – Dados do Índice ABCR e do IBovespa	192
Tabela 21 – VPL esperado sem opções por simulação	193
Tabela 22 – VPL esperado com garantia por simulação	193

Tabela 23 – Desvio-padrão do VPL com garantia	193
Tabela 24 – TIR esperada do caso com garantia	194
Tabela 25 – VPL esperado com garantia e repasse por simulação	194
Tabela 26 – Desvio-padrão do VPL com garantia e repasse	194
Tabela 27 – TIR esperada do caso com garantia e repasse	195
Tabela 28 – VPL esperado sem opções com capacidade máxima	195
Tabela 29 – Valor das opções de garantia com capacidade máxima	195
Tabela 30 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse com capacidade máxima	195
Tabela 31 – Gatilhos de tráfego para projeto sem opções	196
Tabela 32 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 90%)	197
Tabela 33 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 80%)	197
Tabela 34 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 70%)	197
Tabela 35 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 60%)	197
Tabela 36 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 50%)	198
Tabela 37 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 100%)	198
Tabela 38 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 90%)	198
Tabela 39 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 80%)	198
Tabela 40 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 70%)	199
Tabela 41 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 60%)	199
Tabela 42 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 50%)	199
Tabela 43 – Sensibilidade VPL x Pedágio	199

Tabela 44 – Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado	200
Tabela 45 – Sensibilidade VPL x <i>Drift</i> Esperado do Tráfego	200
Tabela 46 – Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego	200
Tabela 47 – Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com o IBo- vespa	200