



Fernando Gervasio Bastos Visser

**Avaliação de Employee Stock Options com Preços de
Exercício Estocásticos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção do Departamento
de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Tara Keshar Nanda Baidya

Rio de Janeiro
Outubro de 2009



Fernando Gervasio Bastos Visser

Avaliação de Employee Stock Options com Preços de Exercício Estocásticos

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

Prof. Tara Keshar Nanda Baidya

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Carlos Patrício Samanez

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Fernando Antônio Lucena Aiube

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Katia Maria Carlos Rocha

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Dr. Luiz Felipe Pinheiro de Andrade

Itaú Unibanco – Holding/SP

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de outubro de 2009

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

Fernando Gervasio Bastos Visser

Economista formado pela Escola de Pós Graduação em Economia (EPGE) da Fundação Getulio Vargas (FGV-Rio) em dezembro de 2005.

Ficha Catalográfica

Visser, Fernando Gervasio Bastos

Avaliação de *employee stock options* com preços de exercício estocásticos / Fernando Gervasio Bastos Visser ; orientador: Tara Keshar Nanda Baidya. – 2009.

135 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Employee stock options. 3. Planos de opções. 4. Opções financeiras. 5. Opções de barreira. 6. Derivativos. 7. Finanças. 8. Processos estocásticos. I. Baidya, Tara Keshar Nanda. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Dedico à minha família, que sempre me incentivou e me apoiou.

Agradecimentos

Agradeço à minha família por todo o apoio e compreensão ao longo desta trajetória. Em especial à minha mãe Sandra e ao meu pai Koenraad por tudo o que sempre fizeram e continuam fazendo por mim. Ao meu irmão Ricardo pelo companheirismo.

À Thais, pela compreensão e parceria sempre.

Aos funcionários do DEI, muito obrigado por toda a ajuda.

Aos professores, agradeço pela ajuda e orientação prestada. Em particular ao professor Tara Baidya pela imensa colaboração.

Aos meus amigos de turma, sempre dispostos a auxiliar e a discutir questões conceituais. Em especial à Úrsula, Rodrigo, Fernando e Frances muito obrigado pela ajuda.

Susana Furquim, pela imensa ajuda na discussão de pontos técnicos e pela leitura atenciosa do texto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela ajuda financeira.

Resumo

Visser, Fernando Gervasio Bastos; Baidya, Tara Keshar Nanda (Orientador). **Avaliação de *employee stock options* com preços de exercício estocásticos.** Rio de Janeiro, 2009. 135p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As *employee stock options* (“ESOs”) podem ser consideradas um dos instrumentos de remuneração e retenção mais importantes do mundo corporativo. Contudo, a crise financeira internacional desencadeada em 2008 despertou a atenção da sociedade para antigas práticas das empresas. Em particular a discussão a respeito dos pacotes de remuneração dos executivos tem ganhado cada vez mais importância. Enquanto muitos defendem que as ESOs forneceram incentivos à tomada irresponsável de decisões por parte dos executivos das grandes corporações, o presente trabalho tomou a crise mundial como motivador para apresentar uma modalidade de opção ainda pouco utilizada: a ESO com preço de exercício atrelado a um índice. Ainda que seu valor seja menor que o de uma opção tradicional, seu desenho fornece incentivos mais poderosos à tomada de decisões que visem à maximização de valor para o acionista. Neste sentido, ESOs indexadas figuram como uma interessante possibilidade na resolução do problema entre principal e agente, neste caso representado pelos acionistas e executivos, respectivamente. O presente trabalho apresenta e desenvolve modelos de apreçamento para ESOs indexadas em linha com as diretrizes gerais definidas pelos padrões contábeis nacionais e internacionais, tais como a política de exercício antecipado e o cancelamento de opções. O objetivo é, portanto servir como motivador para a utilização de modelos de apreçamento mais precisos por parte das empresas.

Palavras-chave

Employee stock options; planos de opções; opções financeiras; opções de barreira; derivativos; finanças; processos estocásticos.

Abstract

Visser, Fernando Gervasio Bastos; Baidya, Tara Keshar Nanda (Advisor).
Valuation of employee stock options with stochastic exercise prices.
Rio de Janeiro, 2009. 135p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Employee stock options (“ESOs”) can be considered one of the most important compensation and retention instruments of the corporate world. The credit crunch crisis of 2008, though, has drawn society’s attention towards certain practices of corporations. In particular, the debate over the compensation packages granted to executives has gained importance. While many stand that ESOs have given incentives to the irresponsible decisions made by large corporation executives, this dissertation takes the economic crisis as a motivator and presents an option that is still barely used: an ESO with an exercise price that follows an index. Even though the value of an indexed ESO is less than the value obtained by a traditional option, its design provides stronger incentives to decisions that maximize shareholder value. In this sense, indexed ESOs appear as an interesting alternative in solving the principal-agent problem, in this case represented by shareholders and executives, respectively. This dissertation presents and develops option pricing models for indexed ESOs that are acceptable under the general guidelines defined by national and international accounting standards; such as premature exercise and option forfeiture. The objective is therefore to motivate corporations in the adoption of more adequate pricing models.

Keywords

Employee stock options; compensation packages; financial options; barrier options; derivatives; finance; stochastic processes.

Sumário

1.	Introdução	15
2.	Caracterização das ESOs	19
2.1	Problema da agência	19
2.2	Principais características das ESOs	20
2.3	Implicações: valor versus custo	22
2.3.1	Definições	23
2.3.2	Por que ESOs são usadas por empresas?	23
2.3.3	Amenizando o problema	24
2.3.4	Exercício antecipado	25
2.4	Breve histórico	26
2.4.1	EUA	26
2.4.2	Brasil	28
2.4.2.1	Análise setorial	29
2.4.2.2	Política de remuneração agressiva	33
2.4.2.3	Perfil dos planos de opções no Brasil	34
2.4.2.4	Modelos de apuração	35
3.	Contabilização	36
3.1	Valor justo de um ativo (<i>fair market value</i>)	36
3.2	Afinal: ESOs são ou não despesa?	37
3.2.1	Argumentos contra e a favor da despesa	38
3.3	Evolução das Normas Contábeis	40
3.3.1	Estados Unidos	40
3.3.1.1	Accounting Principles Board 25	40
3.3.1.2	SFAS 123	41
3.3.1.3	SFAS 123 Revisado	42
3.3.2	Europa: IFRS 2	42
3.3.3	Brasil: Pronunciamento Técnico CPC 10	43
3.3.3.1	Modelos de apuração	44
4.	Revisão bibliográfica	45
4.1	Modelos baseados em maximização de utilidade esperada	45
4.2	Modelos baseados em maximização do payoff esperado	47
4.3	Modelos para apuração de ESOs indexadas	49
4.4	Literatura de ESOs no Brasil	51
5.	Apuração de ESOs com preço de exercício fixo	53
5.1	Modelo de Black e Scholes (1973) e Merton (1973)	53
5.2	Modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979) para opção americana	54
5.3	Modelo de Hull e White (2004)	57
6.	Apuração de ESOs com preço de exercício estocástico	59
6.1	Retorno absoluto versus relativo	59

6.2	Opções Indexadas	61
6.2.1	Prós e Contras	62
6.2.2	Metodologia de apreçamento – Margrabe (1978)	63
6.2.2.1	Formulação da equação diferencial parcial	64
6.2.2.2	Solução encontrada	67
6.2.3	ESO indexada européia – Johnson e Tian (2000)	68
6.2.4	ESO indexada americana – Modelo binomial indexado	72
6.2.4.1	Algoritmo do modelo binomial indexado	76
6.2.5	Modelo binomial indexado estendido	77
6.2.5.1	Política de exercício	77
6.2.5.2	Algoritmo do modelo binomial indexado estendido	78
6.2.6	Estimação de parâmetros	80
6.2.6.1	Coeficiente de correlação (ρ)	80
6.2.6.2	Taxa de cancelamentos (ω)	80
6.2.6.3	Múltiplo (M)	81
7.	Resultados	82
7.1	Validação do modelo para opções européias	82
7.1.1	Johnson-Tian (2000)	83
7.1.2	Simulação de Monte Carlo	83
7.1.2.1	Decomposição de Cholesky	84
7.1.2.2	Equações de simulação	84
7.1.2.3	Resultados	85
7.1.3	Modelo binomial indexado	88
7.2	Validação do modelo para opções americanas	90
7.2.1	Caso base	90
7.2.1.1	Opções européias	91
7.2.1.2	Resultados	91
7.2.1.3	Convergência	92
7.2.1.4	Valor no tempo das opções	93
7.2.2	Curva de gatilho	94
7.2.2.1	Políticas de exercício	95
7.2.3	Análise de sensibilidade nos parâmetros	96
7.2.3.1	Múltiplo (M)	97
7.2.3.2	Taxa de cancelamentos (ω)	99
7.2.3.3	Período de carência (v)	100
7.2.3.4	Correlação (ρ)	101
7.2.3.5	Lambda (λ)	103
7.2.4	Incentivos	105
8.	Estudo de caso	107
8.1	Visão geral	107
8.2	Empresa escolhida	108
8.3	Cálculos efetuados	109
8.4	Análise dos resultados	111
8.5	Escolha do índice	112
9.	Conclusão	115

10. Anexo	118
10.1 Definição dos processos estocásticos	118
10.2 Excesso de retorno	119
10.3 Processo estocástico do derivativo (F)	119
10.4 Definição do processo estocástico do preço de exercício	121
10.5 Volatilidade total	123
10.6 Modelo binomial para ESO indexada americana	123
10.7 Modelo binomial para ESO indexada com múltiplo de exercício (modelo estendido)	127
10.8 Demonstração das equações da simulação de Monte Carlo	127
10.8.1 Simulação do preço da ação	127
10.8.2 Simulação do ativo referência	128
11. Referências bibliográficas	130

Lista de tabelas

Tabela 1 - Modelos usados – 31/12/2008	35
Tabela 2 - Parâmetros do caso base – opção européia	82
Tabela 3 - Valores calculados	83
Tabela 4 - Solução analítica	83
Tabela 5 - Convergência do método de Monte Carlo	86
Tabela 6 - Evolução da variância	86
Tabela 7 - Resultados do modelo binomial indexado	88
Tabela 8 - Comparação dos modelos	88
Tabela 9 - Parâmetros adicionais	90
Tabela 10 - Comparação dos modelos (americanas)	91
Tabela 11 - Preços de exercício	104
Tabela 12 - Principais características dos planos de opções indexados no Brasil em 31/12/2008	107
Tabela 13 - Principais características do plano	109
Tabela 14 - Parâmetros calculados (IGPM)	110
Tabela 15 - Resultado obtido com o modelo binomial indexado para o IGPM (valores em R\$)	110
Tabela 16 - Diferença entre modelos (IGPM)	111
Tabela 17 - Parâmetros calculados (Ibovespa)	113
Tabela 18 - Resultado obtido com o modelo binomial indexado Ibovespa (valores em R\$)	113
Tabela 19 - Diferença entre modelos (Ibovespa)	114
Tabela 20 - Valor de exercício das opções em diferentes cenários	115

Lista de figuras

Figura 1 - Despesa média com ESOs como percentual do lucro para empresas do S&P500	27
Figura 2 - Proporção de ESOs nas recentes aberturas de capital da Bovespa	28
Figura 3 - Composição setorial das empresas com ESOs no Ibovespa	29
Figura 4 - Composição setorial das empresas com ESOs nas recentes aberturas de capital	30
Figura 5 - Setores que proporcionalmente mais utilizam ESOs no Ibovespa	31
Figura 6 - Setores que proporcionalmente mais utilizam ESOs nas recentes aberturas de capital	32
Figura 7 - Despesa com ESOs como percentual do lucro líquido de 2008	34
Figura 8 - Trajetórias possíveis para a ação	55
Figura 9 - Distribuições do modelo binomial	56
Figura 10 - Dinâmica do preço da ação (S) e do ativo referência (H)	73
Figura 11 - Dinâmica do numerário	73
Figura 12 - Caminho possível para S e H	85
Figura 13 - Histograma dos <i>payoffs</i> no vencimento	87
Figura 14 - Histograma obtido na simulação para o valor da opção	87
Figura 15 - Convergência dos métodos utilizados.	89
Figura 16 - Convergência do modelo binomial indexado estendido	92
Figura 17 - Valor da opção para diferentes preços da ação (caso base)	93
Figura 18 - Curva de gatilho normalizado para o modelo binomial indexado (carência = 5 anos)	94
Figura 19 - Curva de gatilho normalizado para o modelo binomial indexado (carência = zero)	95
Figura 20 - Comparação das políticas de exercício	96
Figura 21 - Convergência da opção com M ($\omega=0\%$)	97
Figura 22 - Convergência da opção com M (caso base, $\omega=1,5\%$)	98

Figura 23 - Convergência para diferentes valores de M	99
Figura 24 - Efeito do aumento da taxa de cancelamentos no valor das ESOs	100
Figura 25 - Efeito da carência no valor das ESOs	101
Figura 26 - Efeito da correlação entre a ação e o índice	102
Figura 27 - Volatilidade total como função da volatilidade do índice	103
Figura 28 - Valor da opção para diferentes lambdas	104
Figura 29 - Delta hedge dos modelos	106

Lista de abreviaturas

ALL – América Latina Logística
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
APB – Accounting Principles Board
BI – Binomial indexado
BIE – Binomial indexado estendido
Bovespa – Bolsa de Valores de São Paulo
BSM – Black, Scholes e Merton
CAPM – Capital Assets Pricing Model
CPC – Comitê de Pronunciamentos Contábeis
CVM – Comissão de Valores Mobiliários
ESO – Employee stock option
ESOARS – Employee Stock Option Appreciation Rights Securities
FASB – Financial Accounting Standards Board
HW – Hull e White
IASB – International Accounting Standards Board
Ibovespa – Índice da Bolsa de Valores de São Paulo
IFRS – International Financial Reporting Standards
IGP-M – Índice Geral de Preços de Mercado
ISO – Incentive stock option
JT – Johnson e Tian
MAR – Margrabe
MC – Monte Carlo
ROA – Retorno sobre os ativos
S&P 500 – Standard & Poor's 500
SEC – Securities and Exchange Commission
SFAS – Statement of Financial Accounting Standards
SPE – Sociedade de Propósito Específico