



José Carlos Franco de Abreu Neto

**Quantificação do Risco de Crédito: Uma abordagem
utilizando o modelo estrutural de Merton**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Tara Keshar Nanda Baidya

Rio de Janeiro
Agosto de 2008

José Carlos Franco de Abreu Neto

**Quantificação do Risco de Crédito: Uma abordagem
utilizando o modelo estrutural de Merton**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título 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 de Produção – PUC - Rio

Prof. Paulo Henrique Soto Costa

Co-Orientador

Departamento de Engenharia de Produção – PUC - Rio

Prof. Carlos Patrício Samanez

Departamento de Engenharia de Produção – PUC – Rio

Prof. José Paulo Teixeira

Departamento de Engenharia de Produção – PUC - Rio

Dr. Ernesto Kazuhiro Nomi

Mitsubishi Corporation do Brasil S/A

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC- Rio

Rio de Janeiro, 26 de agosto de 2008

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

José Carlos Franco de Abreu Neto

Graduado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e com MBA em Finanças Corporativas pelo IBMEC-RJ. É analista de valores mobiliários e agente autônomo de investimentos, ambos registrados na CVM. Exerceu atividades profissionais na Construtora Azevedo & Cotrik, Mercatto Gestão de Recursos e na NSG Capital Administração de Recursos.

Ficha catalográfica

Abreu Neto, José Carlos Franco de

Quantificação do risco de crédito : uma abordagem utilizando o modelo estrutural de Merton / José Carlos Franco de Abreu Neto ; orientador: Tara Keshar Nanda Baidya. – 2008.

123 f. : il. ; 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. Quantificação do risco de crédito. 3. Risco de crédito. 4. Modelo estrutural de Merton. 5. KMV. I. Baidya, Tara Keshar Nanda. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

À minha família.

Agradecimentos

Ao Professor Tara Keshar Nanda Baidya, orientador desta dissertação, pelo imenso apoio e confiança depositada durante estes anos na PUC-Rio.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, especialmente aos professores, Tara Baidya, José Paulo Teixeira e Carlos Samanez, por todo conhecimento transmitido.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela ajuda financeira recebida durante todo o curso.

A todos que me apoiaram nesta caminhada.

A Deus, por tudo.

Resumo

Abreu Neto, José Carlos Franco de; Baidya, Tara Keshar Nanda. **Quantificação do Risco de Crédito: Uma abordagem utilizando o modelo estrutural de Merton**. Rio de Janeiro, 2008. 123 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Mensurar o risco de *default* justo para uma empresa sempre foi uma tarefa crucial para uma instituição financeira na hora de emprestar, principalmente, hoje em dia, com o aumento da competitividade e a redução dos *spreads*. Por outro lado, as empresas também precisam ser críticas e devem saber determinar o seu grau de risco com a mesma exatidão das instituições financeiras. Todos os agentes de mercado devem possuir as melhores ferramentas para mensurar o risco de crédito. Com esse intuito será apresentado nesta dissertação uma metodologia de análise de risco de crédito que está sendo muito discutida no momento. O foco será no modelo teórico de equilíbrio de Merton, 1974, que foi amplamente difundido pela KMV Corporation, que desenvolveu um modelo baseado nas premissas de Merton para fazer previsão de *default*. A dissertação começará com uma abordagem sobre o cenário que levou ao desenvolvimento de novos modelos para quantificar o risco de crédito. Em seguida, será feita uma revisão da modelagem KMV e da modelagem DLI (baseada na teoria de Merton, 1974). Após, será estimado o valor dos ativos a partir do valor do *equity* e calculada a probabilidade de *default* de empresas brasileiras, negociadas em bolsa, e que realmente entraram em *default*. Serão discutidas as vantagens e desvantagens apresentadas por estes dois modelos e as diferenças que existem entre a modelagem da KMV e a DLI.

Palavras-chave

Quantificação do risco de crédito; risco de crédito; KMV; modelo estrutural de Merton.

Abstract

Abreu Neto, José Carlos Franco de; Baidya, Tara Keshar Nanda Baidya. **Quantification of Credit Risk: An approach using Merton's structural model**. Rio de Janeiro, 2008. 123 p. MSc. Dissertation – Department of Industrial Engineering, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Measuring the fair default risk for a company, has always been a crucial task for a financial institution when it comes to granting loans, especially nowadays, with the rise in competitiveness and the reduction of the spreads. On the other hand, companies need to be analytical and must know how to determine their level of risk with the same accuracy as the financial institutions. Every market agent must possess the best tools to measure the credit risk, and with this purpose, the most discussed subject of the moment will be presented in this dissertation. The focus will be on the theoretical model of equilibrium by Merton, 1974, which was widely spread by KMV Corporation, who developed a model based on Merton's premises in order to be able to predict default. The dissertation will start with an approach over the scenario that led to the development of new models to quantify the credit risk. Next, a review over the KMV model and the DLI model (based on Merton, 1974) will be done. After that, we will estimate the asset value starting from the equity value, and calculate the probability of default of Brazilian companies that are negotiated on the stock exchange, and who've really gone into default. We will discuss the advantages and disadvantages presented by these two models and the existing difference between the KMV and the DLI models.

Keywords

Quantification of the credit risk; credit risk; KMV; Merton's structural model.

Sumário

1 Introdução	14
2 Risco	19
3 Evolução da Avaliação do Crédito.....	33
4 Modelo de Equilíbrio Geral e Opções.....	37
4.1. Introdução	37
4.2. Derivativos.....	37
4.3. Conceito de opção:	38
5 Modelo KMV e DLI	48
5.1. Introdução	48
5.2. Premissas básicas para a modelagem.....	49
5.3. Modelagem KMV Corporation	52
5.4. Modelagem DLI	60
5.4.1. Introdução	60
5.4.2. Desenvolvimento da Modelagem DLI.....	63
6 Apresentação dos Resultados.....	72
6.1. Introdução	72
6.2. Análise de Sensibilidade das principais variáveis	72
6.3. Casos Práticos	85
7 Conclusões.....	106
8 Referências Bibliográficas	108

Apêndice A..... 112

Apêndice B..... 115

Apêndice C..... 118

Lista de Figuras

Figura 1 – Capital como Opção de Compra sobre uma Empresa Alavancada	15
Figura 2 – Visualização da Probabilidade de Default	16
Figura 3 – Processo para extrair o valor e volatilidade dos ativos.....	56
Figura 4 – Fluxograma da modelagem KMV	57
Figura 5 – Distância para <i>Default</i>	71
Figura 6 – Simulação: Variação da taxa livre de risco (R_f) x Dívida e o impacto na probabilidade de <i>default</i>	74
Figura 7 – Visão 3-D da influência da taxa livre de risco e a dívida na Probabilidade de <i>Default</i>	75
Figura 8 – Simulação: Variação da taxa livre de risco (R_f) e o valor do <i>Equity</i> e seu impacto na probabilidade de <i>default</i>	76
Figura 9 – Visão 3-D da influência da taxa livre de risco e o valor do <i>Equity</i> na Probabilidade de <i>Default</i>	76
Figura 10 – Simulação: Variação da taxa livre de risco (R_f) e a volatilidade do <i>Equity</i> e seu impacto na probabilidade de <i>default</i>	78
Figura 11 – Visão 3-D da influência da taxa livre de risco e a volatilidade do <i>Equity</i> na Probabilidade de <i>Default</i>	78
Figura 12 – Influência da variação do <i>equity</i> e dívida na Probabilidade de <i>Default</i>	79
Figura 13 – Visão 3-D da influência do <i>equity</i> e dívida na Probabilidade de <i>Default</i>	80
Figura 14 – Outra visão 3-D da influência do <i>equity</i> e dívida na Probabilidade de <i>Default</i>	80
Figura 15 – Influência da variação do <i>equity</i> e sua volatilidade na Probabilidade de <i>Default</i>	81
Figura 16 - Visão 3-D da influência do <i>equity</i> e sua volatilidade na Probabilidade de <i>Default</i>	82
Figura 17 – Influência da variação da dívida e volatilidade do <i>equity</i> na Probabilidade de <i>Default</i>	83

Figura 18 - Visão 3-D da influência da dívida e volatilidade do <i>equity</i> na Probabilidade de <i>Default</i>	83
Figura 19 – Evolução do preço em dólares da ação da Mesbla.....	85
Figura 20 – Evolução dos retornos diários da Mesbla S.A.....	86
Figura 21 – Volatilidade Anualizada utilizando Janela Histórica de 40, 60, 90 e 120 dias.....	87
Figura 22 – Evolução do Risco de Crédito utilizando volatilidade com Janela Histórica 40, 60, 90 e 120 dias.....	88
Figura 23 – Evolução do risco de crédito utilizando volatilidade com Janela Histórica 60, contra o valor de mercado do <i>equity</i>	90
Figura 24 – Evolução da volatilidade anualizada utilizando GARCH (1,1).....	91
Figura 25 – Evolução do Parâmetro Alfa na modelagem GARCH (1,1).....	92
Figura 26 – Histograma do Parâmetro Alfa na modelagem GARCH (1,1).....	92
Figura 27 – Evolução do Parâmetro Beta na modelagem GARCH (1,1).	93
Figura 28 – Histograma do Parâmetro Beta na modelagem GARCH (1,1).....	93
Figura 29 – Evolução do Parâmetro Omega na modelagem GARCH (1,1).....	94
Figura 30 – Histograma do Parâmetro Omega na modelagem GARCH (1,1).....	94
Figura 31 – Risco de crédito utilizando volatilidade anualizada por GARCH (1,1) contra o valor de mercado do <i>equity</i>	95
Figura 32 – Evolução da volatilidade anualizada utilizando EWMA com parâmetros calculados automaticamente.....	97
Figura 33 – Evolução do Risco de crédito utilizando volatilidade anualizada por EWMA contra o valor de mercado do <i>equity</i>	97
Figura 34 – Evolução da volatilidade anualizada utilizando EWMA com parâmetros calculados automaticamente contra EWMA com parâmetro fixo 0,94.....	98

Figura 35 – Evolução do Risco de crédito utilizando volatilidade anualizada por EWMA com parâmetro automático contra Risco de crédito utilizando volatilidade anualizada EWMA com parâmetro fixo de 0,94.	99
Figura 36 – Volatilidade Anualizada utilizando Janela Histórica para 40, 60, 90 e 120 dias.....	100
Figura 37 – Evolução do Risco de crédito utilizando volatilidade com Janela Histórica 40, 60, 90 e 120 dias.....	101
Figura 38 – Evolução do risco de crédito utilizando volatilidade com Janela Histórica 90, contra o valor de mercado do <i>equity</i>	102
Figura 39 – Evolução da volatilidade anualizada utilizando GARCH (1,1).....	103
Figura 40 – Risco de crédito utilizando volatilidade anualizada por GARCH (1,1) contra o valor de mercado do <i>equity</i>	103
Figura 41 – Evolução da volatilidade anualizada utilizando EWMA com parâmetros calculados automaticamente.	104
Figura 42 – Evolução do Risco de crédito utilizando volatilidade anualizada por EWMA contra o valor de mercado do <i>equity</i>	105

Lista de Quadros

Quadro 1 – As principais variáveis na modelagem do risco de crédito da KMV Corporation.	59
Quadro 2 – Simulação: Matriz de probabilidades de <i>default's</i> com duas variáveis taxa livre de risco e dívida.	74
Quadro 3 – Simulação: Matriz de probabilidades de <i>default's</i> com duas variáveis taxa livre de risco e o valor do <i>equity</i>	75
Quadro 4 – Simulação: Matriz de probabilidades de <i>default's</i> com duas variáveis taxa livre de risco e a volatilidade do <i>equity</i>	77
Quadro 5 – Simulação: Matriz completa de probabilidades de <i>default's</i> com duas variáveis <i>equity</i> e dívida.	79
Quadro 6 – Simulação: Matriz completa de probabilidades de <i>default's</i> com duas variáveis valor do <i>equity</i> e a volatilidade <i>equity</i>	81
Quadro 7 – Simulação: Matriz completa de probabilidades de <i>default's</i> com duas variáveis (dívida e volatilidade <i>equity</i>).....	82
Quadro 8 – Evolução em U\$ da dívida da Mesbla S.A.	86