



Úrsulla Monteiro da Silva Bellote Machado

**Modelo Hierárquico de Fatores para a Previsão
Conjunta das Estruturas a Termo das Taxas de
Juros de Corporate Bonds**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes

Co-orientador: Prof. Luciano Vereda Oliveira

Rio de Janeiro
Setembro de 2011



Úrsulla Monteiro da Silva Bellote Machado

**Modelo Hierárquico de Fatores para a Previsão
Conjunta das Estruturas a Termo das Taxas de
Juros de Corporate Bonds**

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

Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes
Orientador
Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. Luciano Vereda Oliveira
Co-orientador
UFF

Prof. José Valentin Machado Vicente
IBMEC

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico

Rio de Janeiro, 14 de setembro de 2011

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

Úrsulla Monteiro da Silva Bellote Machado

Graduou-se em Ciências Econômicas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro e, atualmente, trabalha no Banco Brascan.

Ficha Catalográfica

Machado, Úrsulla Monteiro da Silva Bellote

Modelo hierárquico de fatores para a previsão conjunta das estruturas a termo das taxas de juros de corporate bonds / Úrsulla Monteiro da Silva Bellote Machado; orientador: Cristiano Augusto Coelho Fernandes; co-orientador: Luciano Vereda Oliveira. – 2011.

86 ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, 2011.

Inclui bibliografia

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Estrutura a termo da taxa de juros. 3. Modelos de previsão. 4. Títulos corporativos. 5. Modelo de fatores. 6. Diebold & Li. I. Fernandes, Cristiano Augusto Coelho. II. Oliveira, Luciano Vereda. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDD: 621.3

“Deus vai na frente abrindo caminho,
quebrando as correntes, tirando
os espinhos, ordena aos anjos pra
contigo lutar, ele abre as portas pra
ninguém mais fechar, ele trabalha
pra o que nele confia, Caminha contigo
de noite ou de dia (...)”

Elizeu Gomes

Agradecimentos

Essa dissertação encerra pouco mais de dois anos de muito aprendizado, esforço e superação. Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pela presença em minha vida, pela força diária, por guiar o meu caminho e ter me proporcionado tudo isso.

Agradecer também a minha família, principalmente ao meu pai, Enderson, a minha mãe, Córa e minha irmã, Gabriela pelo amor incondicional, pelas palavras que acalmaram, fortaleceram, motivaram, pelo apoio e compreensão, mas, principalmente por acreditarem em mim todo o tempo. E também, é claro, as minhas tias, primas e as minhas avós Córa e Rosaly, por serem responsáveis por muito do que sou hoje, obrigada pelas orações, telefonemas, palavras e pensamentos.

Quero agradecer, aos meus mais que orientadores, 2 grandes amigos. São eles: meu orientador, Cristiano Fernandes que foi incansável não apenas no período da dissertação, mas durante todo o mestrado, em me ajudar, motivar, não me deixar desistir, aguentar minhas milhões de dúvidas, mas, principalmente, por apostar em mim e me mostrar que realmente sou capaz. Ao meu co-orientador, Luciano Vereda, que foi constantemente paciente, que me ensinou muito, explicou várias vezes, me atendeu outras tantas, sempre muito disposto a me explicar cada passo, por mais simples que fosse. A ele também, pela construção do tema desse trabalho, e pela forma brilhante que me conduziu para tê-lo pronto. Agradeço, conjuntamente, os grandes desafios que me proporcionaram e me tornaram mais forte.

Aos meus amigos, que entraram na minha vida na PUC e, que dividiram não só as alegrias, mas, as dificuldades diárias, as provas e trabalhos. Quero agradecer com muito carinho, as minhas mais que amigas, cúmplices: Flávia, Bianca e Nayara por todo o apoio, força e por estarem sempre, sempre mesmo, dispostas a me ajudar. E também, aos amigos, Alexandre, Bruno, Gustavo Pires, Mário, Priscilla, Thiago, Henrique e Francis que cada um a sua maneira, foram muito importante para a minha trajetória no mestrado e para a finalização desse trabalho.

Quero agradecer aos meus mais que amigos, pedaços de mim: Livia, Guilherme, João, Ana Paula, Mel, Larissa, Natasha, Thati, Cortês, Eduardo e Simone, que apesar de terem entrado na minha vida já no fim dessa etapa, foram apoio constante, força, motivação, oração, alegria e diversão que me mantiveram firme nessa difícil fase final.

Às pessoas muito especiais que me acompanharam não só no mestrado, e que de alguma forma, são importantes na minha vida, me motivando e torcendo por mim: Natália, Cassiano, Rubem, Ana Flávia, Stella, Alex, Edmundo, Stefania, Vitor Hugo, Tia Fania e, especialmente ao Pedro, que sempre me ajudou muito.

Por fim, agradecer a CAPES pelo suporte financeiro e ao Programa de Mestrado do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio, por ter me aceitado como aluna.

Resumo

Machado, Úrsulla Monteiro da Silva Bellote; Fernandes, Cristiano Augusto Coelho (Orientador); Oliveira, Vereda Luciano (Co-orientador). **Modelo Hierárquico de Fatores para a Previsão Conjunta das Estruturas a Termo das Taxas de Juros de Corporate Bonds** Rio de Janeiro, 2011. 86p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O objetivo deste trabalho é a construção de um modelo integrado para previsão da estrutura a termo da taxa de juros, referentes a títulos corporativos americanos para diferentes níveis de risco. A metodologia é baseada no modelo de Nelson e Siegel (1987), com extensões propostas por Diebold e Li (2006) e Diebold, Li e Yue (2008). Modelamos a estrutura a termo para 14 níveis de risco e estimamos conjuntamente os fatores latentes de nível e inclinação que governam a dinâmica das taxas, para a posterior estimação de dois super fatores, que por sua vez, conduzem a trajetória de cada fator, onde está centrada a nossa principal inovação. A previsão da curva de juros é então construída a partir da previsão dos super fatores, modelados por processos auto-regressivos, como sugere Diebold e Li (2006). Através dos super fatores extrapolados da amostra reconstruímos, na forma da previsão, os fatores latentes e a própria taxa de juros. Além da previsão fora da amostra, comparamos a eficiência do modelo proposto com o modelo mais tradicional da literatura, o passeio aleatório. Pela comparação, não obtivemos ganhos significativos em relação a esse competidor, principalmente na previsão um passo a frente. Resultados melhores foram obtidos aumentando o horizonte de previsão, mas não sendo capaz de superar o passeio aleatório.

Palavras-chave

Estrutura a Termo da Taxa de Juros, Modelos de Previsão, Títulos Corporativos, Modelo de Fatores, Diebold & Li.

Abstract

Machado, Úrsulla Monteiro da Silva Bellote; Fernandes, Cristiano Augusto Coelho (Advisor); Oliveira, Vereda Luciano (Co-advisor). **A Hierarchical Factor Model for the Joint Prediction of Corporate Bond Yields**. Rio de Janeiro, 2011. 86p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation constructs an integrated model for interest rate term structure forecast for American corporate bonds associated with different risk levels. Our methodology is primarily based on Nelson and Siegel (1987) and presents extensions proposed in Diebold and Li (2006) and Diebold, Li and Yue (2008). We model the term structure for 14 risk levels and we jointly estimate the level and slope latent factors that drive interest rates dynamics. These factors are then used in the estimation of two super factors which is our main innovation. The yield curve forecast is then determinate from the forecast of the super factors, described by autoregressive processes, as suggested by Diebold and Li (2006). Through the super factors forecast, reconstructed in the form of forecasting the latent factors and their own interest rate. Our results focus on the model's out of sample forecast and efficiency compared with the random walk model, considered the benchmark model in this type of literature. Our results provide evidence that the proposed models shows no significant gains in relation to the benchmark, especially in predicting one month ahead. Better results were obtained by increasing the forecast horizon, but not being able to overcome the random walk.

Keywords

Yield curve; forecast models; Corporate Bonds; Diebold & Li Model; default risk.

Sumário

1. Introdução	14
2. Metodologia	16
2.1. Contextualização	16
2.2. O modelo de Diebold e Li (DL)	17
2.3. O modelo de Diebold, Li e Yue (DLY)	21
3. Descrição da base de dados	26
4. Construção do modelo integrado e o exercício de previsão	29
4.1. Estimação dos fatores comuns a partir da estrutura a termo da taxa de juros para cada <i>rating</i>	30
4.2. Estimação dos super fatores referentes aos fatores globais	36
4.3. Previsão dos super fatores	43
4.4. Reconstrução dos fatores a partir da previsão dos super fatores	49
4.5. Reconstrução da curva de juros e análise da previsão	53
4.6. Comparação da previsão do modelo integrado com o passeio aleatório	55
5. Considerações Finais	62
6. Referências bibliográficas	66
7. Apêndice	68

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 Decomposição das ETTJ por análise de componentes principais para cada <i>rating</i>	31
Tabela 4.2 Estatísticas descritivas do fator nível.....	35
Tabela 4.3 Estatísticas descritivas do fator inclinação.....	35
Tabela 4.4 Matriz de autocorrelação fator nível.....	36
Tabela 4.5 Matriz de autocorrelação fator inclinação.....	36
Tabela 4.6 Decomposição por análise de componentes principais do fator nível.....	38
Tabela 4.7 Decomposição por análise de componentes principais do fator inclinação.....	38
Tabela 4.8 Autocorrelação das medidas de nível estimadas para diferentes λ 's.....	40
Tabela 4.9 Autocorrelação das medidas estimadas e medidas de mercado para os super fatores do nível.....	40
Tabela 4.10 Autocorrelação das medidas estimadas e medidas de mercado para os super fatores da inclinação.....	41
Tabela 4.11 Estatísticas descritivas dos super fatores.....	43
Tabela 4.12 L1: Estatística dos erros de previsão.....	47
Tabela 4.13 L2: Estatística dos erros de previsão.....	48
Tabela 4.14 S1: Estatística dos erros de previsão.....	48
Tabela 4.15 S2: Estatística dos erros de previsão.....	48
Tabela 4.16 A: Estatística dos erros de previsão dos fatores.....	52
Tabela 4.17 BBB: Estatística dos erros de previsão dos fatores.....	52
Tabela 4.18 B-: Estatística dos erros de previsão dos fatores.....	52
Tabela 4.19 A: Estatística dos erros de previsão da curva de juros.....	56
Tabela 4.20 BBB: Estatística dos erros de previsão da curva de juros.....	57
Tabela 4.21 B-: Estatística dos erros de previsão da curva de juros.....	57
Tabela 7.1 Estatísticas descritivas do <i>rating</i> AAA para diferentes maturidades...	68
Tabela 7.2 Estatísticas descritivas do <i>rating</i> A para diferentes maturidades.....	69
Tabela 7.3 Estatísticas descritivas do <i>rating</i> BBB para diferentes maturidades...	70
Tabela 7.4 Estatísticas descritivas do <i>rating</i> BB para diferentes maturidades.....	70
Tabela 7.5 Estatísticas descritivas do <i>rating</i> B- para diferentes maturidades.....	71
Tabela 7.6 AAA: Estatística dos erros de previsão da curva de juros.....	82
Tabela 7.7 BB: Estatística dos erros de previsão da curva de juros.....	82

Lista de Figuras

Figura 4.1 Esquema da estrutura do exercício a ser realizado nesse trabalho.....	30
Figura 4.2. Comportamento dos super fatores do nível estimados para diferentes λ 's e o formato da função F.	40
Figura 4.3 Medidas estimadas e medidas de mercado para os super fatores do nível.	41
Figura 4.4 Medidas estimadas e medidas de mercado para os super fatores da inclinação.....	42
Figura 4.5 Comportamento dos Super Fatores Estimados	42
Figura 4.6 Previsão t+1: Super fatores estimados pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010.	46
Figura 4.7 Previsão t+6: Super fatores estimados pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010.	46
Figura 4.8 Previsão t+12: Super fatores estimados pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010.	47
Figura 4.9 Esquema da estrutura do exercício realizado neste trabalho até esta seção.	48
Figura 4.10 Previsão t+1: Fatores estimados pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010 para os ratings A,BBB E B-.....	51
Figura 4.11 Previsão t+1: Curva de juros estimada pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010 para os ratings A,BBB E B-...	54
Figura 4.12 BBB: Erro quadrático da previsão t+1 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.	59
Figura 4.13 BBB: Erro quadrático da previsão t+6 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.	59
Figura 4.14 BBB: Erro quadrático da previsão t+12 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.	60
Figura 4.15 BBB: Erro quadrático da previsão das curvas de juros de 1 e 10 anos para diferentes λ 's no período de jan/2004 a dez/2010.	61
Figura 7.1 Previsão t+6: Fatores estimados pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010 para os ratings A, BBB e B-.	72
Figura 7.2 Previsão t+12: Fatores estimados pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010 para os ratings A, BBB e B-.	73
Figura 7.3 Previsão t+6: Curva de juros estimada pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010 para os ratings A,BBB e B-...	74
Figura 7.4 Previsão t+1: Curva de juros estimada pelo modelo integrado x realizada no período de jan/2004 a dez/2010 para os ratings A,BBB e B-...	75
Figura 7.5 AAA:Erro quadrático da previsão t+1 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.	76
Figura 7.6 AAA: Erro quadrático da previsão t+6 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.	76

Figura 7.7 AAA: Erro quadrático da previsão t+12 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007	77
Figura 7.8 A: Erro quadrático da previsão t+1 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	77
Figura 7.9 A: Erro quadrático da previsão t+6 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	78
Figura 7.10 A: Erro quadrático da previsão t+12 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	78
Figura 7.11 BB: Erro quadrático da previsão t+1 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	79
Figura 7.12. BBB: Erro quadrático da previsão t+6 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	79
Figura 7.13 BB: Erro quadrático da previsão t+12 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	80
Figura 7.14 B-: Erro quadrático da previsão t+1 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	80
Figura 7.15 B-: Erro quadrático da previsão t+6 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	81
Figura 7.16 B-: Erro quadrático da previsão t+12 para curvas de 1 e 10 anos nos períodos de jan/2004 a dez/2010 e jan/2004 a dez/2007.....	81
Figura 7.17 AAA: Erro quadrático da previsão das curvas de juros de 1 e 10 anos para diferentes λ 's no período de jan/2004 a dez/2010.....	83
Figura 7.18 A: Erro quadrático da previsão das curvas de juros de 1 e 10 anos para diferentes λ 's no período de jan/2004 a dez/2010.....	84
Figura 7.19 BB: Erro quadrático da previsão das curvas de juros de 1 e 10 anos para diferentes λ 's no período de jan/2004 a dez/2010.....	85
Figura 7.20 B-: Erro quadrático da previsão das curvas de juros de 1 e 10 anos para diferentes λ 's no período de jan/2004 a dez/2010.....	86

Lista de Gráficos

Gráfico 4.1 Fator nível estimado para cada <i>rating</i>	34
Gráfico 4.2 Fator inclinação estimado para cada <i>rating</i>	34
Gráfico 7.1. Curva de juros do <i>rating</i> AAA para diferentes maturidades.....	68
Gráfico 7.2 Curva de juros do <i>rating</i> A para diferentes maturidades.....	69
Gráfico 7.3 Curva de juros do <i>rating</i> BBB para diferentes maturidades	69
Gráfico 7.4 Curva de juros do <i>rating</i> BB para diferentes maturidades	70
Gráfico 7.5 Curva de juros do <i>rating</i> B- para diferentes maturidades	71