



**Caio Oliveira de Azevedo**

**Análise Dinâmica de Estilo na Recuperação das  
Exposições de Fundos de Investimentos Brasileiros: Uma  
Aplicação do Filtro de Kalman Restrito**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Atuariais do Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luciano Vereda Oliveira  
Co-Orientador: Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes

Rio de Janeiro  
Outubro de 2009



**Caio Oliveira de Azevedo**

**Análise Dinâmica de Estilo na Recuperação das  
Exposições de Fundos de Investimentos Brasileiros: Uma  
Aplicação do Filtro de Kalman Restrito**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Atuariais do Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Luciano Vereda Oliveira**

Orientador

Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais - PUC-Rio

**Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes**

Co-orientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

**Prof. Adrian Heringer Pizzinga**

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

**Prof. Paulo Henrique Soto Costa**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. João Nizar Messari**

Coordenador(a) Setorial do Centro de Ciências Sociais - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 30 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.

### **Caio Oliveira de Azevedo**

Graduou-se como Bacharel em Ciências Econômicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2005.

#### Ficha Catalográfica

Azevedo, Caio Oliveira de

Análise dinâmica de estilo na recuperação das exposições de fundos de investimentos brasileiros: uma aplicação do Filtro de Kalman restrito / Caio Oliveira de Azevedo; orientador: Luciano Vereda Oliveira; co-orientador: Cristiano Augusto Coelho Fernandes – 2009.  
119 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.  
Inclui bibliografia

1. Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais - Teses. 2. Análise dinâmica de estilo. 3. Modelos em espaço de estado lineares. 4. Filtro de Kalman. 5. Inicialização exata. 6. Restrições lineares. I. Oliveira, Luciano Vereda. II. Fernandes, Cristiano Augusto Coelho. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais. IV. Título.

CDD: 368.01

À Vida por ter me dado muita Luz para ver e Amor e Alegria para distribuir!

## Agradecimentos

Primeiramente, sou eternamente grato à Vida pelas experiências maravilhosas que pude compartilhar nestes meus 26 anos.

Meus agradecimentos sinceros aos meus pais, que compartilharam toda essa experiência de perto e, muitas vezes, colaboraram amorosamente.

Dedico também meus agradecimentos à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), à Escola Nacional de Seguros (Funenseg) e ao professor Luiz Roberto Cunha pelo provimento de toda a estrutura, inclusive financeira, que me permitiu hoje ter maior conhecimento em Atuária e Estatística.

Ao Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (IAPUC) por acreditar no meu trabalho e me proporcionar aprendizados que carregarei sempre comigo. Dedico também meus agradecimentos à maravilhosa Lulu, por toda a sua dedicação e companheirismo.

Obviamente, dedico meus agradecimentos ao Luciano Vereda, meu orientador, e ao Cristiano Fernandes, meu co-orientador, que foram muito pacientes e solícitos, mesmo quando eu passava por momentos difíceis.

À minha lindona, que eu amo muito, que me ama muito, que esteve sempre do meu lado, dando-me inclusive uns “puxões” de orelha de vez em quando.

À mamãe Sandra e toda a sua família pela sua dedicação, companheirismo e carinho.

Obviamente, não poderiam faltar meus queridos colegas de classe, que estão todos aqui presentes, sem exceção, mas que não precisam ser citados. Eles sabem que moram em meu coração.

Enfim, todos são importantes, cada qual com sua participação numa etapa da minha Vida. No entanto, tiveram duas pessoas que, de fato, foram especiais nestes momentos. Eu gostaria de ir além, afirmando que estas pessoas foram os verdadeiros artífices (*artesanos*) desta dissertação: o Adrian Pizzinga e o César Rivera.

Sem o curso de Espaço de Estado em suas fases teórica e operacionais, os permanentes incentivos, a dedicação quase que exclusiva quando ministrava suas aulas e a “garra” do Adrian em passar o conhecimento de que dispunha para nós, além de sua amizade, esta dissertação talvez nem tivesse ido à frente, ou mesmo nem teria um fundamento.

Quanto ao César, eu posso hoje dizer que sei programar em *Matlab* graças a ele. Dedico a ele meus sinceros votos de agradecimento, não pela ajuda técnica que me prestou somente, mas em especial pela sua grande amizade. Como escreveu uma vez minha namorada, “uma amizade que rompeu fronteiras e uniu dois países”.

## Resumo

Azevedo, Caio Oliveira de; Vereda, Luciano (Orientador); Fernandes, Cristiano Augusto Coelho (Co-orientador). **Análise Dinâmica de Estilo na Recuperação das Exposições de Fundos de Investimentos Brasileiros: Uma Aplicação do Filtro de Kalman Restrito**. Rio de Janeiro, 2009. 119p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta dissertação se propôs a investigar e interpretar o estilo de investimento de fundos de investimento brasileiros – fundos cambiais e de ações com administração ativa, no período de janeiro de 2004 a agosto de 2008, com o objetivo central de verificar se, de fato, estes fundos perseguem o estilo de investimento prometido aos seus clientes. Nesse sentido, foi empregada a metodologia de análise *dinâmica* de estilo baseada no retorno, utilizando o filtro de Kalman restrito reduzido com inicialização exata aplicado sobre modelos em espaço de estado. Para tanto, novos índices foram confeccionados a fim de cobrir a eventual carência de índices que pudessem apropriadamente representar as classes de ativos do mercado financeiro a que os fundos estão expostos. As principais conclusões obtidas foram: (1) mesmo em meio a um cenário adverso que marcou parte do período analisado, os fundos cambiais mantiveram as estratégias de investimento anunciadas ao público, demonstrando transparência em suas ações; e (2) os fundos de ações estiveram, de fato, predominantemente expostos ao mercado bursátil, mas também alocaram parte considerável de seus recursos em títulos públicos federais de longo prazo indexados a índices de inflação.

## Palavras-chave

Análise Dinâmica de Estilo; Modelos em Espaço de Estado Lineares; Filtro de Kalman; Inicialização Exata; Restrições Lineares.

## Abstract

Azevedo, Caio Oliveira de; Vereda, Luciano (Advisor); Fernandes, Cristiano Augusto Coelho (Co-advisor). **Dynamic Style Analysis in Recovery of Brazilian Investment Funds Exposures: An Application of Restricted Kalman Filtering**. Rio de Janeiro, 2009. 119p. MSc. Dissertation - Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation aims to investigate and interpret the investment style of Brazilian investment funds – exchange funds and stock funds with active management, in the period ranging from January 2004 to August 2008, with the central objective of verifying if, in fact, these funds pursue the investment style promised to their customers. Accordingly, we used the methodology of return-based *dynamic* style analysis, using the reduced restricted Kalman filtering with exact initialization applied to state space models. For this purpose, new indexes were created with the intention of covering the eventual lack of indexes that could appropriately represent the asset classes of financial market. The main conclusions were: (1) even in the midst of an adverse scenario that marked part of the analyzed period, the exchange funds kept the investment strategies announced to the public, demonstrating transparency in their actions; and (2) stock funds were indeed predominantly exposed to the stock market, but also allocated considerable part of their resources on federal public long-term bonds indexed by inflation indexes.

## Keywords

Dynamic Style Analysis; Linear State Space Models; Kalman Filtering; Exact Initialization; Linear Restrictions.

# Sumário

1	Introdução	13
2	Modelos em Espaço de Estado	17
2.1	Motivação	17
2.2	Representação em Espaço de Estado Linear: Definição	18
3	Filtro de Kalman	20
3.1	Os Três Enfoques: Predição, Filtragem e Suavização	20
3.1.1	Filtro de Kalman: Previsão e Atualização	22
3.1.2	Filtro de Kalman: Suavização	24
3.2	Inicialização do Filtro de Kalman	27
3.2.1	Inicialização Difusa Aproximada	28
3.2.2	Inicialização Difusa Exata	29
3.3	Imposição de Restrições ao Filtro de Kalman	32
3.3.1	Filtro de Kalman Restrito Aumentado	33
3.3.2	Filtro de Kalman Restrito Reduzido	34
3.4	Estimação de Parâmetros por ( <i>Quas</i> ) Máxima Verossimilhança	36
3.4.1	Estimação por Máxima Verossimilhança Não-Difusa	38
3.4.2	Estimação por Máxima Verossimilhança Difusa	39
3.5	Diagnósticos e Seleção de Modelos	40
4	Análise de Estilo	43
5	Base de Dados	47
5.1	Fundos de Investimento Brasileiros	47
5.1.1	Descrição dos fundos	47
5.1.2	Análise das estatísticas descritivas dos retornos dos fundos	50

5.2 Índices	53
5.2.1 Descrição dos Índices	53
5.2.2 Confeção dos <i>Quanta</i>	56
5.2.2.1 Quantum Cambial	57
5.2.2.2 Quantum Prefixado	61
5.2.2.3 Quantum IGP-M	62
5.2.3 Análise dos retornos dos Índices	64
6 Análise de Estilo: Aplicações do Filtro de Kalman	77
6.1 Análise Dinâmica de Estilo	77
6.2 Modelagem e Interpretação dos Resultados	80
6.2.1 Aspectos Principais da Modelagem	80
6.2.2 Modelagem final e Interpretação das Exposições Estimadas	82
6.2.2.1 A Economia Brasileira em 2004-2008: Uma Breve Análise	82
6.2.2.2 Estimção e Interpretação das Exposições	97
7 Conclusão	114
8 Referências Bibliográficas	116

## Lista de figuras

Figura 1 – Retornos dos fundos de ações ativo	50
Figura 2 – Retornos dos fundos cambiais dólar	51
Figura 3 – Retornos semanais dos índices	67
Figura 4 – Setor externo em milhões de US\$	83
Figura 5 – Investimentos em carteira e IED em milhões de US\$	86
Figura 6 – Evolução das reservas internacionais e do câmbio	88
Figura 7 – Evolução das taxas de cupom cambial	91
Figura 8 – Evolução da Selic e das taxas internas de juros futuras	95
Figura 9 – Evolução do Índice Ibovespa	96
Figura 10 – Exposições suavizadas para o BB Ações com respectivos intervalos de 95% de confiança	102
Figura 11 – Diagnósticos gráficos sobre as inovações padronizadas para o BB Ações	102
Figura 12 - Exposições suavizadas para o Itaú Ações com respectivos intervalos de 95% de confiança	107
Figura 13 - Diagnósticos gráficos sobre as inovações padronizadas para o Itaú Ações	107
Figura 14 - Exposições suavizadas para o Itaú Cambial com respectivos intervalos de 95% de confiança	110
Figura 15 - Diagnósticos gráficos sobre as inovações padronizadas para o Itaú Cambial	110
Figura 16 - Exposições suavizadas para o Bradesco Cambial com respectivos intervalos de 95% de confiança	112
Figura 17 - Diagnósticos gráficos sobre as inovações padronizadas para o Bradesco Cambial	112

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Estatística descritiva dos retornos dos fundos	51
Tabela 2 – Matriz de correlação entre os retornos dos fundos	53
Tabela 3 – Estatísticas descritivas dos retornos dos índices (1ª parte)	71
Tabela 4 – Estatísticas descritivas dos retornos dos índices (2ª parte)	72
Tabela 5 – Matriz de correlação dos retornos dos índices (1ª parte)	75
Tabela 6 – Matriz de correlação dos retornos dos índices (2ª parte)	76
Tabela 7 – Matriz de correlação dos retornos dos fundos x retornos dos índices	99
Tabela 8 - Informações analíticas do modelo final para cada fundo	103