



**Tayana Aparecida Rigueira**

**Capital Requerido via Simulação Estocástica  
aplicado ao Seguro de Vida e Fundo de Pensão**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientadora: Fernanda Chaves Pereira

Rio de Janeiro  
Março de 2009



**Tayana Aparecida Rigueira**

**Capital Requerido via Simulação Estocástica  
aplicado ao Seguro de Vida e Fundo de Pensão**

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

**Prof<sup>a</sup>. Fernanda Chaves Pereira**

Orientadora

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

**Prof. Álvaro de Lima Veiga Filho**

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

**Prof. Ricardo Milton Frischtak**

Departamento de Métodos Estatísticos da UFRJ

**Prof. Nizar Messari**

Coordenador Setorial do Centro de Ciências Sociais – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 30 de março de 2009

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

### **Tayana Aparecida Rigueira**

Graduou-se em Ciências Atuariais na UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e Estatística na ENCE (Escola Nacional de Ciências Estatísticas) em 2006

#### Ficha Catalográfica

Rigueira, Tayana Aparecida

Capital requerido via simulação estocástica aplicado ao seguro de vida e fundo de pensão / Tayana Aparecida Rigueira ; orientador: Fernanda Chaves Pereira. – 2009.

107 f. : il.(color.) ; 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. Atuária. 3. Capital requerido para solvência. 4. Modelo interno. 5. Solvência. 6. Simulação de Monte Carlo. 7. Múltiplos decrementos. 8. Seguro de vida. 9. Fundo de pensão. I. Pereira, Fernanda Chaves. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais. III. Título.

CDD: 368.01

Dedico aos meus pais, minha irmã e  
minha avó (*in memoriam*).

## Agradecimentos

A Deus, por acreditar que a nossa existência pressupõe outra infinitamente superior.

Aos meus pais, Vera Novo e Heitor Rigueira, pela educação, atenção, pelas conversas, conselhos, amor e compreensão a todo momento. Pelas orações de minha mãe sempre me deixando tranqüila e pela ajuda de meu pai que é meu verdadeiro mestre.

A minha irmã, Mayara Rigueira, por me apoiar nesta nova etapa.

Aos meus “antigos” amigos, por compreenderem minha ausência e por serem sempre tão companheiros e leais.

Aos meus novos amigos Mariana, Luciene, Bruna e Alexandre pelo apoio ao longo desses 2 anos, pela amizade e por estarem sempre dispostos a me ouvir.

Ao IAPUC e FUNENSEG, pelos auxílios concedidos e estrutura oferecida.

Agradeço a minha orientadora Professora Fernanda Chaves Pereira pelos estímulos e, por percorrer novos caminhos, ouvir todas as questões, dúvidas e problemas que surgiam durante o processo.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora pelas críticas construtivas ao trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento pelos ensinamentos e pela ajuda.

## Resumo

Rigueira, Tayana Aparecida; Pereira, Fernanda Chaves. **Capital Requerido via Simulação Estocástica aplicado ao Seguro de Vida e Fundo de Pensão**. Rio de Janeiro, 2009. 107p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As grandes mudanças mundiais ocorridas a partir da década de 70 tornaram o mercado financeiro mais volátil, exigindo medidas que minimizassem o risco do sistema. Iniciou-se assim a utilização de métodos baseados em análise de risco. Este novo conceito tem como princípio a mensuração e a garantia da solvência de uma empresa para que possa operar resguardando-se dos riscos econômicos a que esteja sujeita, com um alto nível de confiança, dado um horizonte de tempo pré definido, utilizando para isso modelos internos de gestão. O modelo proposto nesta dissertação para o risco de subscrição se baseia na utilização de tábuas de múltiplos decrementos e Simulação de Monte Carlo. Foram aplicadas técnicas de Solvency Capital Requirement (SCR) e Minimum Capital Requirement (MCR), bem como avaliadas suas relações com as provisões técnicas em aplicações de seguro de vida e fundos de pensão, nesta situação considerados dois casos: só tendo participantes ativos no grupo e outro incluindo-se participantes assistidos.

## Palavras-Chave

Capital requerido para solvência, modelo interno, solvência, simulação de Monte Carlo, múltiplos decrementos, seguro de vida, fundo de pensão.

## Abstract

Rigueira, Tayana Aparecida; Pereira, Fernanda Chaves. **Capital Requirement by Stochastic Simulation applied to Life Insurance and Pension Fund**. Rio de Janeiro, 2009. 107p. MSc. Dissertation – Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The major global changes that occurred from the 70's became financial market more volatile, requiring measures that minimize the risk of the system. It started the use of methods based on risk analysis. This new concept has in principle the measurement and ensuring the solvency of a company that can operate safeguarding themselves from the economic risks, with a high level of confidence, given a pre defined time, using it for internal models management. The proposed model in this dissertation to the risk of subscription is based on the use of tables of multiple decrements and Monte Carlo Simulation. Techniques were applied to Solvency Capital Requirement (SCR) and Minimum Capital Requirement (MCR) and evaluated its relationship with the technical provisions in life insurance applications and pension funds, in this last two cases were considered: only active participants in the group, and another one including other participants attended.

## Keywords

Solvency capital requirement, internal model, solvency, Monte Carlo Simulation, multiple decrements, life insurance, pension fund.

# Sumário

1. Introdução	15
2. Conceitos de Capital	19
2.1. Tipos de Riscos	20
2.2. Medidas de Risco	24
3. Mensuração de Capital	28
3.1. Relação entre SCR, MCR e Provisões Técnicas	28
3.2. Solvency Capital Requirement	30
3.2.1. Fórmula Padrão	31
3.2.2. Modelos Internos	32
3.3. Minimum Capital Requirement	34
4. Metodologia	36
4.1. Tábuas de Mortalidade e Invalidez	38
4.1.1. Uma Variável Aleatória	38
4.1.2. Duas Variáveis Aleatórias	39
4.1.3. Associando a Tábua de Único Decremento	42
4.1.4. Construção da Tábua de Múltiplos Decrementos	46
4.2. Simulação	48
4.2.1. Simulação de Monte Carlo	50
5. Análise dos Resultados - Seguro de Vida	53
5.1. Base de Dados	54
5.2. Modelagem	55
5.3. Resultados	56
5.3.1. Necessidade de Capital	56
5.3.2. Análise dos Modelos	65
5.3.3. Cálculo Resolução <i>versus</i> Modelo Interno	68
6. Análise dos Resultados - Fundo de Pensão	71
6.1. Base de Dados	72
6.2. Modelagem	74
6.3. Resultados	75
6.3.1. Necessidade de Capital	75



6.3.2. Análise dos Modelos	89
7. Conclusão	96
8. Bibliografia	99
9. Anexo 1	103
10. Anexo 2	106

## Lista de figuras

Figura 3.1: Definição do valor para as provisões técnicas e para o SCR das entidades	30
Figura 5.1: Distribuição do ganho líquido do modelo base (juros de 4% a.a.) - em milhões	57
Figura 5.2: Distribuição do sinistro do modelo base (juros de 4% a.a.) - em milhões	58
Figura 5.3: Distribuição do ganho líquido variando os juros (AT 83) - em milhões	59
Figura 5.4: Distribuição do ganho líquido variando tábuas biométricas (juros de 4% a.a.) - em milhões	60
Figura 5.5: Distribuição do ganho líquido variando taxa de rotatividade (juros de 4% a.a.) - em milhões	61
Figura 5.6: Percentual do SCR em relação ao ganho líquido variando as tábuas biométricas	62
Figura 5.7: Percentual do SCR em relação ao ganho líquido variando a taxa de rotatividade	63
Figura 5.8: Valores do SCR variando a medida de risco - em milhões	65
Figura 6.1: Distribuição do ganho líquido do modelo base (juros de 4% a.a.) – caso 1 (em milhões)	77
Figura 6.2: Distribuição do ganho líquido do modelo base (juros de 4% a.a.) – caso 2 (em milhões)	77
Figura 6.3: Distribuição do ganho líquido variando os juros no caso 1 (GAM 83) - em milhões	79
Figura 6.4: Distribuição do ganho líquido variando os juros no caso 2 (GAM 83) - em milhões	79
Figura 6.5: Distribuição do ganho líquido variando tábuas biométricas no caso 1 (juros de 4% a.a.) - em milhões	81
Figura 6.6: Distribuição do ganho líquido variando tábuas biométricas no caso 2 (juros de 4% a.a.) - em milhões	81
Figura 6.7: Distribuição do ganho líquido variando taxa de rotatividade no caso 1 (juros de 4% a.a.) - em milhões	83
Figura 6.8: Distribuição do ganho líquido variando taxa de rotatividade no caso 2 (juros de 4% a.a.) - em milhões	83
Figura 6.9: Percentual do SCR em relação à reserva variando as tábuas biométricas caso 1	84
Figura 6.10: Percentual do SCR em relação a reserva variando as tábuas biométricas caso 2	85
Figura 6.11: Percentual do SCR em relação a reserva variando as rotatividades caso 1	86

Figura 6.12: Percentual do SCR em relação a reserva variando as rotatividades caso 2	86
Figura 6.13: Valores de SCR variando a medida de risco (caso 1) - em milhões	88
Figura 6.14: Valores de SCR variando a medida de risco (caso 2) - em milhões	89

## Lista de tabelas

Tabela 5.1: Hipóteses utilizadas nos modelos	56
Tabela 5.2: Valor esperado do ganho líquido do modelo base	56
Tabela 5.3: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR (AT 83) - em milhões	59
Tabela 5.4: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR (CSO 80 e AT 2000) - em milhões	60
Tabela 5.5: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR (rotatividade de 15% a.a. e 30% a.a.) - em milhões	61
Tabela 5.6: Valor do MCR variando as tábuas biométricas - em milhões	63
Tabela 5.7: Valor do MCR variando as taxas de rotatividade - em milhões	64
Tabela 5.8: Valores esperados para 1 ano do modelo base - em milhões	65
Tabela 5.9: Valores esperados do modelo com tábua CSO 80 - em milhões	66
Tabela 5.10: Valores esperados do modelo com tábua AT 2000 - em milhões	66
Tabela 5.11: Taxa de Sinistralidade para as três tábuas utilizadas	67
Tabela 5.12: Valores esperados do modelo com taxa de rotatividade de 15% a.a. - em milhões	67
Tabela 5.13: Valores esperados do modelo com taxa de rotatividade de 30% a.a. - em milhões	68
Tabela 5.14: Taxa de Sinistralidade para as três taxas de rotatividade utilizadas	68
Tabela 5.15: Capital mínimo requerido segundo forma de cálculo variando a taxa de juros	69
Tabela 6.1: Hipóteses utilizadas nos modelos	75
Tabela 6.2: Reserva Matemática do modelo base nos casos 1 e 2 (juros de 4% a.a.)	76
Tabela 6.3: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR nos casos 1 e 2 (GAM 83) - em milhões	78
Tabela 6.4: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR nos casos 1 e 2 (AT 83) - em milhões	80
Tabela 6.5: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR nos casos 1 e 2 (AT 2000) - em milhões	80
Tabela 6.6: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR nos casos 1 e 2 (rotatividade de 8% a.a.) - em milhões	82
Tabela 6.7: Valores do ganho médio, margem de risco e SCR nos casos 1 e 2 (rotatividade de 15% a.a.) - em milhões	82
Tabela 6.8: Valor do MCR variando as tábuas biométricas nos casos 1 e 2 - em milhões	87

Tabela 6.9: Valor do MCR variando as taxas de rotatividade nos casos 1 e 2 -em milhões	87
Tabela 6.10: Valor presente dos valores esperados do modelo base - em milhões	89
Tabela 6.11: Valor presente dos valores esperados do modelo com tábua AT 83 - em milhões	90
Tabela 6.12: Valor presente dos valores esperados do modelo com tábua AT 2000 - em milhões	90
Tabela 6.13: Valor presente do valor esperado do benefício para as três tábuas utilizadas - em milhões	91
Tabela 6.14: Valor presente dos valores esperados do modelo com taxa de rotatividade de 8% a.a. - em milhões	91
Tabela 6.15: Valor presente dos valores esperados do modelo com taxa de rotatividade de 15% a.a. - em milhões	92
Tabela 6.16: Valor presente dos valores esperados do modelo base - em milhões	92
Tabela 6.17: Valor presente dos valores esperados do modelo com tábua AT 83 - em milhões	93
Tabela 6.18: Valor presente dos valores esperados do modelo com tábua AT 2000 - em milhões	93
Tabela 6.19: Valor presente dos valores esperados do benefício para as três tábuas utilizadas - em milhões	94
Tabela 6.20: Valor presente dos valores esperados do modelo com taxa de rotatividade de 8% a.a. - em milhões	94
Tabela 6.21: Valor presente dos valores esperados do modelo com taxa de rotatividade de 15% a.a. - em milhões	95

## Lista de quadros

Quadro 6.1: Frequência de indivíduos em cada faixa etária	72
Quadro 6.2: Frequência de indivíduos em cada faixa de tempo de empresa nos dois casos	72
Quadro 6.3: Frequência de indivíduos em relação ao salário anual nos dois casos	73
Quadro 6.4: Percentual do benefício recebido pela idade de entrada em aposentadoria nos dois casos	73