

**Diego Willian dos Santos**

**Gestão de Risco de Mercado em Fundos de Previdência  
Complementar Aberta.**

Trabalho de Pós-Graduação  
apresentado ao Programa de  
Educação Continuada da Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para a obtenção do MBA em  
Engenharia Financeira.

Área de Concentração: Risco de  
Mercado.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Barros  
Nabholz

**São Paulo**

**2015**

MBA/EF  
2015  
S 598



Escola Politécnica - EPEL



31500009575

#### FICHA CATALOGRÁFICA

m 2015 m

Santos, Diego Willian.

Gestão de Risco de Mercado em Fundos de Previdência Complementar / D.W. Santos. São Paulo, 2015.  
95f.

Monografia (Especialização em Engenharia Financeira) –  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Fundos de Previdência. 2. Risco. 3. Value at Risk.
4. Delta Value 5. Tracking Error. 6. Indexadores.
7. Taxa de Juros. 8. Benchmark.

I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.  
Programa de Educação Continuada II. t.

[2751901]

## **AGRADECIMENTOS**

Principalmente a Deus e aos meus pais, Doralice e Sebastião, por acreditarem no meu trabalho e apoiarem todas as decisões tomadas ao longo desta jornada.

Ao Professor Rodrigo Barros Nabholz pela rica orientação, sem a sua contribuição esse trabalho não seria possível.

Aos professores e amigos do curso MBA Engenharia Financeira, que compartilharam seus grandes conhecimentos e colaboraram diretamente para conclusão deste projeto.

A todos meus amigos e familiares, em especial a Maria Carolina Bacchi, pelo carinho e incentivo.

## RESUMO

Os fundos de previdência complementar aberta vêm crescendo gradativamente ao longo dos anos no Brasil, aumentando cada vez mais as responsabilidades das instituições financeiras e consequentemente os diversos riscos assumidos, pois assumem estratégias cada vez mais agressivas, para captar e assegurar o patrimônio destes novos clientes. Com esse cenário, as instituições necessitam de uma gestão de risco para otimizar cada vez mais a relação risco x retorno das suas carteiras, porém, as gestões de riscos de fundos de previdência não evoluíram na mesma proporção que seus patrimônios, sendo utilizados modelos propostos para outras instituições financeiras como bancos de investimentos e asset management. O objetivo deste trabalho é calcular o risco de mercado, utilizando os modelos de VaR, Delta Value e Tracking Error, em fundos de previdência reais brasileiros. A base de dados utilizada corresponde a dados diários entre o período de 01 de abril de 2014 até 29 de maio de 2015, representando 288 observações diárias. A partir disto, foram comparados os valores divulgados pelos modelos e os retornos reais dos fundos. Os resultados apurados demonstraram que os modelos são eficazes e complementares na mitigação de risco, pois os fundos adotam estratégias diferentes de investimentos.

**Palavras-chave:** Fundos de Previdência, Gestão de Risco, Value at Risk, Delta Value, Tracking Error.

## Lista de Figuras

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Evolução da Carteira de Investimentos dos Fundos de Previdência Complementar Aberta. .                          | 2  |
| Figura 2: Percentual de cada instituição no total de Carteira de Investimentos .....                                      | 2  |
| Figura 3: Ilustração do VaR Paramétrico. ....                                                                             | 10 |
| Figura 4: Retornos analisados.....                                                                                        | 12 |
| Figura 5: Histograma de retornos. ....                                                                                    | 12 |
| Figura 6: Fluxo de pagamentos de cupons C e Valor Nominal (Principal) no vencimento .....                                 | 21 |
| Figura 7: Série histórica dos retornos mensais dos vértices IPCA .....                                                    | 29 |
| Figura 8: Série histórica dos retornos mensais dos vértices IGPM .....                                                    | 29 |
| Figura 9: Série histórica dos retornos mensais dos vértices PRÉ.....                                                      | 30 |
| Figura 10: Volatilidade anualizada dos vértices em 30 de Janeiro de 2015. ....                                            | 31 |
| Figura 11: Fluxo de caixa de título público com cupom. ....                                                               | 39 |
| Figura 12: Volatilidade do Futuro DI Jan/2025. ....                                                                       | 44 |
| Figura 13: Gráfico comparativo do retorno do fundo Banco do Brasil e os principais índices de renda fixa brasileiro. .... | 45 |
| Figura 14: Os retornos diários do fundo do Banco do Brasil. ....                                                          | 46 |
| Figura 15: Os retornos mensais (Janela de 21 dias úteis) do fundo do Banco do Brasil. ....                                | 46 |
| Figura 16: VaR paramétrico mensal estimado diariamente para o fundo do Banco do Brasil, com 95% de confiança. ....        | 47 |
| Figura 17: DV100 estimado diariamente para o fundo do Banco do Brasil. ....                                               | 48 |
| Figura 18: Tracking error calculado diariamente para o fundo do Banco do Brasil. ....                                     | 48 |
| Figura 19: BB Prev x IMA-B VaR Mensal.....                                                                                | 49 |
| Figura 20: BB Prev x IMA-B DV100.....                                                                                     | 49 |
| Figura 21: VaR Mensal x DVaR do fundo do Banco do Brasil. ....                                                            | 50 |
| Figura 22: DV100 x DVol do Fundo do Banco do Brasil.....                                                                  | 50 |
| Figura 23: Gráfico comparativo do retorno do fundo Bradesco e os principais índices de renda fixa brasileiro.....         | 51 |
| Figura 24: Os retornos diários do fundo do Bradesco. ....                                                                 | 51 |
| Figura 25: Os retornos mensais (Janela de 21 dias úteis) do fundo do Bradesco. ....                                       | 52 |
| Figura 26: VaR paramétrico mensal estimado diariamente para o fundo do Bradesco, com 95% de confiança. ....               | 53 |
| Figura 27: DV100 estimado diariamente para o fundo do Bradesco.....                                                       | 53 |
| Figura 28: Tracking error calculado diariamente para o fundo do Bradesco. ....                                            | 54 |

## Lista de Tabelas

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Diferença entre previdência complementar aberta e fechada. ....                   | 1  |
| Tabela 2: Mapeamento de ativos por fatores de risco .....                                   | 8  |
| Tabela 3: Estatísticas básicas da volatilidade dos retornos mensais dos vértices IPCA. .... | 31 |
| Tabela 4: Estatísticas básicas da volatilidade dos retornos mensais dos vértices IGPM. .... | 32 |
| Tabela 5: Estatísticas básicas da volatilidade dos retornos mensais dos vértices PRÉ. ....  | 32 |
| Tabela 6: Matriz de covariância em 30 de Janeiro de 2015. ....                              | 33 |
| Tabela 7: Matriz de Covariância parte A. ....                                               | 33 |
| Tabela 8: Matriz de Covariância parte B. ....                                               | 33 |
| Tabela 9: Matriz de Covariância parte C. ....                                               | 34 |
| Tabela 10: Matriz de Covariância parte D. ....                                              | 34 |
| Tabela 11: Matriz de Covariância parte E. ....                                              | 35 |
| Tabela 12: Matriz de Covariância parte F. ....                                              | 35 |
| Tabela 13: Matriz de correlação em 30 de Janeiro de 2015. ....                              | 36 |
| Tabela 14: Matriz de Correlação parte A. ....                                               | 36 |
| Tabela 15: Matriz de Correlação parte B. ....                                               | 36 |
| Tabela 16: Matriz de Correlação parte C. ....                                               | 37 |
| Tabela 17: Matriz de Correlação parte D. ....                                               | 37 |
| Tabela 18: Matriz de Correlação parte E. ....                                               | 38 |
| Tabela 19: Matriz de Correlação parte F. ....                                               | 38 |
| Tabela 20: Vértices para os fatores de risco. ....                                          | 39 |
| Tabela 21: Dados dos retornos diários do fundo do Banco do Brasil. ....                     | 46 |
| Tabela 22: Dados dos retornos mensais do fundo do Banco do Brasil. ....                     | 47 |
| Tabela 23: Dados dos retornos diários do fundo do Bradesco. ....                            | 52 |
| Tabela 24: Dados dos retornos mensais do fundo do Bradesco. ....                            | 52 |
| Tabela 25: Dados dos retornos diários do fundo do Itaú. ....                                | 57 |
| Tabela 26: Dados dos retornos mensais do fundo do Itaú. ....                                | 58 |
| Tabela 27: Apêndice A1. Dados históricos dos modelos calculados para Banco do Brasil. ....  | 74 |
| Tabela 28: Apêndice A2. Dados históricos dos modelos calculados para Banco do Brasil. ....  | 75 |
| Tabela 29: Apêndice A3. Dados históricos dos modelos calculados para Bradesco. ....         | 76 |
| Tabela 30: Apêndice A4. Dados históricos dos modelos calculados para Bradesco. ....         | 77 |
| Tabela 31: Apêndice A5. Dados históricos dos modelos calculados para Itaú. ....             | 78 |
| Tabela 32: Apêndice A6. Dados históricos dos modelos calculados para Itaú. ....             | 79 |

## Sumário

|       |                                                     |    |
|-------|-----------------------------------------------------|----|
| 1     | Introdução .....                                    | 1  |
| 1.1   | Objetivo.....                                       | 3  |
| 2     | Revisão Bibliográfica.....                          | 5  |
| 2.1   | Value at Risk .....                                 | 5  |
| 2.1.1 | Métodos de cálculos do VaR.....                     | 6  |
| 2.1.2 | VaR Paramétrico .....                               | 6  |
| 2.1.3 | VaR por Simulação Histórica .....                   | 11 |
| 2.1.4 | VaR por Simulação Monte Carlo .....                 | 15 |
| 2.1.5 | Backtesting .....                                   | 17 |
| 2.2   | Duration .....                                      | 20 |
| 2.2.1 | Duration Modificada .....                           | 22 |
| 2.2.2 | Delta Value – DV100 .....                           | 22 |
| 2.3   | Tracking Error.....                                 | 23 |
| 3     | Metodologia.....                                    | 26 |
| 3.1   | Base de Dados.....                                  | 27 |
| 3.2   | Cálculo do VaR Paramétrico.....                     | 28 |
| 3.3   | Cálculo do Backtesting .....                        | 41 |
| 3.4   | Cálculo do DV100 .....                              | 42 |
| 3.5   | Cálculo do Tracking Error .....                     | 43 |
| 3.6   | Cálculos comparativos .....                         | 43 |
| 4     | Resultados .....                                    | 45 |
| 4.1   | Fundo do Banco do Brasil.....                       | 45 |
| 4.1.1 | VaR Paramétrico do BB Prev.....                     | 47 |
| 4.1.2 | DV100 do BB Prev .....                              | 47 |
| 4.1.3 | Tracking Error do BB Prev.....                      | 48 |
| 4.1.4 | Modelos comparativos para o BB Prev .....           | 49 |
| 4.2   | Fundo do Bradesco .....                             | 51 |
| 4.2.1 | VaR Paramétrico do Bradesco Master.....             | 52 |
| 4.2.2 | DV100 do Bradesco Master .....                      | 53 |
| 4.2.3 | Tracking Error do Bradesco Master.....              | 54 |
| 4.2.4 | Modelos comparativos para o Bradesco Prefixado..... | 55 |
| 4.3   | Fundo do Itaú .....                                 | 56 |

## 1 Introdução

A Previdência Social é um seguro que garante a renda do contribuinte e de sua família no futuro, quando o mesmo perder sua capacidade de trabalho, seja por doença, invalidez, morte ou velhice. Porém de acordo com Rezende (2001) a Previdência Social é um dos maiores problemas estruturais das contas públicas do nosso país, pela falta de sustentabilidade do sistema financeiro para custeio deste benefício. Em 2014 as contas do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) fecharam com déficit de 57 bilhões de reais, para 2015 a projeção é deficitária em 73 bilhões de reais e para 2016 o déficit poderá alcançar pela primeira vez a marca de 125 bilhões de reais, segundo as estimativas do Ministério do Planejamento. Com esse aumento gradativo do déficit na Previdência Social no Brasil, cresce a incerteza sobre a aposentadoria por esse regime, fazendo com que o contribuinte busque alternativas para diminuir o risco de não possuir renda quando se aposentar, a opção de investimento que melhor se adapta ao programa de aposentadoria no Brasil é a previdência complementar conhecido como previdência privada.

A previdência privada é uma forma de poupança que permite ao trabalhador ter uma vida mais confortável depois da sua aposentadoria, tornando-se complementar a previdência social, há dois formatos distintos de previdência privada: a aberta e a fechada.

|                      | Previdência Complementar                     |                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                      | Aberta                                       | Fechada                                                        |
| Entidades ofertantes | Bancos e Seguradoras                         | Empresas                                                       |
| Atividades           | Fins Lucrativos                              | Sem Fins Lucrativos                                            |
| Participantes        | Qualquer pessoa física ou jurídica           | Exclusivamente para funcionários                               |
| Órgão Fiscalizador   | Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) | Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC) |
| Ministério vinculado | Fazenda                                      | Previdência Social                                             |

Tabela 1: Diferença entre previdência complementar aberta e fechada.

Fonte: Autoria própria.

Diante desse cenário de aumento de demanda e captação de recursos financeiros, as instituições financeiras têm aprimorado cada vez mais os produtos e controles dos fundos para competir nesse mercado oligopolista.

Em um fundo de previdência privada aberta a análise de investimentos e a gestão de risco são ferramentas essenciais para uma alocação eficiente no longo prazo. Com a atual crise econômica mundial e alta volatilidade dos ativos financeiros, o investidor vem assumindo cada vez mais riscos para obter rentabilidades semelhantes ao passado, tornando essencial um gerenciamento eficaz da relação risco x retorno destas instituições. Dentre os diversos aspectos de controles encontra-se a gestão de risco dos ativos financeiros que compõem o portfólio dos fundos das instituições, um dos principais riscos destes ativos é o risco de mercado.

O risco de mercado pode ser definido por possíveis perdas financeiras de uma instituição, decorrentes de movimentos adversos nas taxas de juros, taxas de câmbio, índices de preços, preços de commodities e etc. A gestão desse tipo de risco é atribuída especialmente à natureza de curto prazo dos investimentos, tornando indispensável que modelos de risco utilizados por fundos de instituições financeiras como bancos de investimentos sejam ajustados à realidade dos fundos de previdência privada que possuem estratégias de investimentos de longo prazo. O risco de mercado pode ser calculado através de diversos modelos, como: value at risk, duration, volatilidade dos retornos do portfólio, tracking error, delta value entre outras métricas.

## **1.1 Objetivo**

O objetivo desse trabalho é analisar o principal modelo de risco de mercado adotado pelas instituições financeiras, o Value at Risk, adapta-lo a realidade dos fundos de previdência privada aberta e calculá-lo com outros importantes modelos para risco de mercado em fundos de previdência e avaliar sobre as circunstâncias em que o uso de cada modelo é o mais adequado.

## 2 Revisão Bibliográfica

O risco faz parte do cotidiano de todos os indivíduos direta ou indiretamente, é a possibilidade de ocorrer algo que impactará nos seus objetivos, sejam eles, financeiro, saúde, segurança, entre outros, o risco pode ser medido em termos de consequências e probabilidades. A gestão de risco é um processo de controle que pode ser feito através de qualquer política, dispositivo ou pratica que diminua o risco e apresente uma melhoria continua ao processo.

Com o aumento da volatilidade no mundo dos negócios e grandes escândalos financeiros das ultimas duas décadas, as instituições financeiras e seguradoras vêm evoluindo exponencialmente a mitigação dos seus riscos, com uma gestão mais rígida e transparente.

Segundo Pedote (2002), os principais riscos destas instituições são:

- Mercado;
- Crédito;
- Liquidez;
- Operacional.

Porém como mencionado no capítulo 1, o objetivo deste trabalho é a gestão do risco de mercado e serão apresentados alguns conceitos básicos sobre os principais modelos de risco de mercado utilizados pelas instituições financeiras brasileiras.

### 2.1 Value at Risk

De acordo com Jorion (2000), o VaR é um modelo de mensuração de risco que pode ser explicado como um valor critico de perda, estabelecido em uma distribuição de retornos esperados para ativos de um portfólio no qual não se espera ser superado com determinada probabilidade em um período de tempo analisado. O

$$R_{i,t} = \text{LN} \left( \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right)$$

Onde:

$R_{i,t}$  é a taxa de retorno do ativo i para o período t;

$P_{i,t}$  é o preço do ativo i no período t;

$P_{i,t-1}$  é o preço do ativo i no período t-1;

2. Estimar a volatilidade de cada ativo. A volatilidade de um ativo para o VaR pode ser estimada através do desvio padrão da sua série de retornos logaritmos, pelo modelo EWMA e GARCH.

O método mais fácil de estimar a volatilidade de um ativo é através do cálculo do desvio padrão e pode ser estimada da seguinte expressão:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{n \sum R_i^2 - (\sum R_i)^2}{n(n-1)}}$$

Onde:

$\sigma_i$  é o desvio padrão da série de retornos logaritmos do ativo i;

$R_i$  é o retorno logaritmo do ativo i;

n é a quantidade de retornos;

De acordo com Silva (2005), o desvio padrão por modelo EWMA (Exponential Weighted Moving Average) possui a vantagem de captar com mais rapidez mudanças nas condições de mercado, pois ele pondera com pesos maiores os retornos recentes, o peso alocado para cada retorno da amostra é uma função de uma variável denominada por função de decaimento e o modelo pode ser estimado através da seguinte expressão:

$$\sigma_t = \sqrt{\lambda \sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda) r_{t-1}^2}$$

4. Estimar a matriz de correlação dos fatores de risco. A correlação é a associação entre duas variáveis aleatórias, pode variar entre - 1 e + 1, só existe correlação se as variáveis possuírem desvios padrão finitos e diferentes de zero.

A fórmula de correlação entre variáveis x e y é:

$$\rho_{X,Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Onde:

X, Y são as variáveis aleatórias;

$\mu_X, \mu_Y$  são os valores esperados de X e Y;

$\sigma_X, \sigma_Y$  são os desvios padrão de X e Y;

A correlação entre dois ativos, também pode ser calculado pelo modelo EWMA.

$$\rho_{X,Y} = \frac{\lambda \rho_{X,Y,t-1} + (1 - \lambda) * (r_x * r_y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Dado a correlação entre duas variáveis, para calcular a correlação de todas as variáveis é através da matriz de correlação.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \rho_{X,Y} & \dots & \rho_{n,Y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{X,n} & \dots & \rho_{n,n} \end{bmatrix}$$

5. Definir um intervalo de confiança e horizonte temporal. Como o modelo assume uma distribuição normal, é necessário determinar um intervalo de confiança  $Z_\alpha = (1 - \alpha)$  onde  $\alpha$  é um valor entre 0 e 1. Quanto maior o nível de significância, menor a probabilidade de o VaR ser superado.
6. Para estimar o VaR em um período diferente dos retornos analisados é necessário utilizar a raiz quadrada dos dias que deseja estimar o VaR:  
 $\sqrt{\text{Dias Desejados}}$ .

### 2.1.3 VaR por simulação histórica.

Para Jorion (2000) a estimação do VaR por método histórico dispensa a suposição de parâmetros e a forma da função de distribuição dos dados dos retornos dos fatores de risco. Este método é preciso extrair o máximo de informação possível dos dados passados e usar a distribuição empírica dos retornos do portfólio para estimar o VaR.

A grande premissa deste modelo é que o futuro próximo é suficientemente parecido com o passado recente.

Para estimar o VaR por simulação histórica, é necessário que para cada instante  $n$ , o retorno do portfólio seja dado pelo retorno ponderado de cada ativo e seu peso de participação no valor do portfólio ( $w_p$ ):

$$R_j^{\text{Portfólio}} = \sum_{i=1}^P w_i R_{ji} = [w_1 \quad w_2 \quad \cdots \quad w_p] * \begin{bmatrix} R_{j1} \\ R_{j2} \\ \vdots \\ R_{jp} \end{bmatrix}$$

Onde:

$R_j^{\text{Portfólio}}$  é o retorno do portfólio

$w_i$  é o peso ponderado do montante investido no ativo  $i$

$R_i$  é retorno do ativo  $i$

Uma vez observados os dados históricos de resultados, é possível estimar o VaR pelo histograma dos retornos e depois extrair da amostra o valor do VaR associado ao intervalo de confiança desejado.

Por exemplo: suponha que haja 500 observações na série de resultado, cujos retornos são:

eventos externos e todas as observações possuem o mesmo peso no modelo entre outras desvantagens.

A fim de refletir a importância relativa do dado dentro da série de acordo com o tempo transcorrido, Boudoukh, Richardson e Whitelaw (1998) aprimoraram o modelo de simulação histórica, criando o modelo BRW.

O modelo BRW modifica a métrica de simulação histórica, na inserção de uma probabilidade maior para as amostras mais recentes, capturando com mais rapidez mudanças de volatilidade do mercado. Para Manganelli e Engle (2001), o modelo traz melhoras significativas em relação ao de simulação histórica, pois simplifica as suposições ao favorecer as observações novas em detrimento das antigas. Assim, pode-se calcular o peso de cada observação como:

$$P_i = \frac{\lambda^{n-1} * (1 - \lambda)}{1 - \lambda^n}$$

Onde:

$P_i$  é o peso de cada observação.

$n$  é o numero de dados da amostra.

$i$  é a ordem cronológica do dado dentro da amostra.

$\lambda$  é a taxa exponencial de decaimento da probabilidade.

Quando  $\lambda \rightarrow 1$ , o modelo BRW converge para o modelo de simulação histórica.

$$\lim_{\lambda \rightarrow 1} P_i = \frac{0}{0} = L'Hospital (1)$$

$$\lim_{\lambda \rightarrow 1} = \frac{[\lambda^{n-1} * (1 - \lambda)]'}{[1 - \lambda^n]'} (2)$$

### 2.1.4 VaR por simulação Monte Carlo.

De acordo com Jorion (2000) a simulação de Monte Carlo é empregada para precificação de derivativos que não possuem fórmula analítica e portfólios que possuem ativos não-lineares como opções. A proposta do modelo é simular várias vezes um processo aleatório para o preço de determinado ativo.

A lei dos grandes números de Bertoulli diz:

“Se um evento com probabilidade  $P$  é observado repetidamente em ocasiões independentes, a proporção da frequência observada deste evento em relação ao total numero de repetições converge em direção a  $P$  à medida que o número de repetições se torna arbitrariamente grande.”

Isto é, conforme um experimento obter repetidas simulações por diversas vezes, a probabilidade analisada se aproxima da probabilidade efetiva.

Segundo Jorion (2000) para simular o VaR por Monte Carlo é necessário:

1. Definir um modelo estocástico para os preços dos ativos e determinar seus parâmetros. O processo estocástico para essa simulação é o movimento browniano geométrico (MBG). A equação estocástica do MBG é:

$$S_{t+1} = S_t * e^{[(r-q-\frac{1}{2}\sigma^2)dt + \sigma\sqrt{dt}\varepsilon]}$$

Onde:

$r$  é a taxa livre de risco continua e anualizada

$q$  é a taxa de dividendos ou cupom, continua e anualizada

$\sigma$  é a volatilidade anualizada do ativo

$dt$  é fração do tempo em anos até o próximo passo

$\varepsilon$  é número pseudo-aleatório com distribuição normal

Onde:

$w_p$  é o percentual financeiro do ativo  $i$  no portfólio da trajetória  $n$ .

$P_{MC}$  é o preço esperado calculado no modelo monte carlo do ativo  $i$  na trajetória  $n$

$P_{ativo\ i_{t0}}$  é o preço do ativo  $i$  no instante zero.

$$P\&L_{Portfólio} = \sum_n P\&L_{Ativos}$$

5. O VaR é determinado pelo intervalo de confiança desejado da distribuição dos resultados obtidos.

O modelo de simulação Monte Carlo é semelhante à simulação histórica, o que diferencia é que as variações de preços para os ativos são criadas a partir de um processo estocástico aleatório, ao invés de uma amostra de preços históricos (JORION, 2000).

### 2.1.5 Backtesting.

Para Jorion (2000) os três modelos de VaR diferem em quatro grandes categorias:

- ✓ Capacidade de capturar o risco de ativos não-lineares.
- ✓ Facilidade de implantação e explicação para a alta gerência.
- ✓ Facilidade de incorporar premissas alternativas.
- ✓ Confiabilidade dos resultados.

A escolha do modelo deve ser realizada levando em conta cada uma destas considerações e com a realidade de cada instituição financeira. A fim de garantir que o modelo empregado para o cálculo do VaR siga suas características, sua eficácia deve ser avaliada sistematicamente. Os testes para avaliação de modelos de VaR são conhecidos como backtesting.

Se  $LR_{UC} \leq \varphi^2(\alpha, 1)$ , não rejeita-se  $H_0$ . Como a única variável em questão no teste de Kupiec é o número de falhas, a rejeição da hipótese nula indicaria que o VaR foi sistematicamente subestimado no período analisado.

A principal crítica ao teste de Kupiec é avaliar apenas se a proporção de falhas está adequada ao intervalo de confiança do modelo, ignorando a ordenação dinâmica das exceções.

Com isso, Christoffersen (1998) propôs um teste de independência, para verificar se o número de exceções é temporalmente independente, pois uma parte significativa das exceções pode ocorrer num mesmo intervalo de tempo relativamente curto. A ocorrência destes “blocos de falhas” pode ser oriunda de um aumento da volatilidade do mercado (uma crise, por exemplo) que não foi capturada pelo modelo.

O teste possui duas hipóteses:

$H_0$ : independência entre falhas

$H_1$ : dependência entre falhas

O teste de Christoffersen é definido por:

$$LR_{Ind} = -2 \ln[(1 - \hat{\pi}_2)^{n_{00}+n_{10}} \hat{\pi}_2^{n_{01}+n_{11}}] + 2 \ln[(1 - \hat{\pi}_{01})^{n_{00}} \hat{\pi}_{01}^{n_{01}} (1 - \hat{\pi}_{11})^{n_{10}} \hat{\pi}_{11}^{n_{11}}] \sim \varphi^2(\alpha, 1)$$

Onde:

$$\hat{\pi}_{01} = \frac{n_{01}}{n_{00} + n_{01}}$$

$$\hat{\pi}_{11} = \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{11}}$$

$$\hat{\pi}_2 = \frac{n_{11} + n_{01}}{n_{00} + n_{10} + n_{01} + n_{11}}$$

$n_{00}$  é o número de dias sem falha, antecidos por dias sem falha

$n_{01}$  é o número de dias com falha, antecidos por dias sem falha

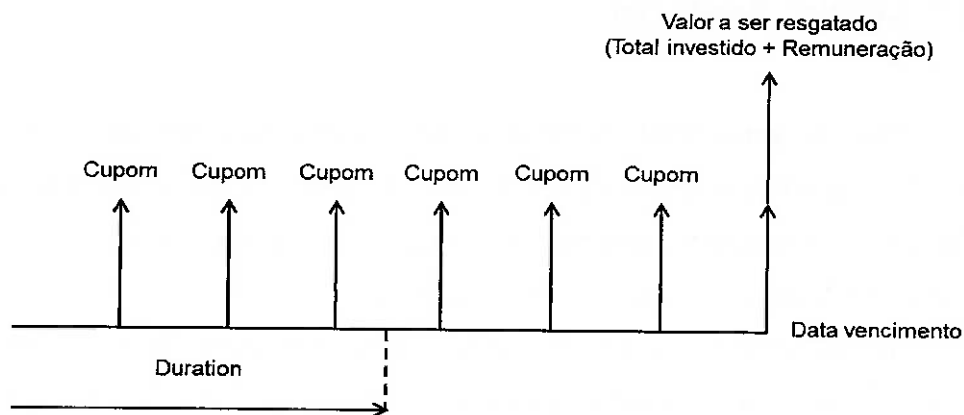


Figura 6: Fluxo de pagamentos de cupons C e Valor Nominal (Principal) no vencimento

Fonte: Autoria Própria

O modelo da Duration é dado por:

$$D = \frac{\sum_{j=1}^n t_j \times \frac{FC_j}{(1+i)^t}}{\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^t}},$$

Onde:

$FC_j$  = pagamento futuro na data  $t$ .

$i$  = taxa de juros efetiva diária.

$n$  = número total de dias.

$t$  = prazo a decorrer em dias úteis.

De acordo com Fabozzi (1997) a duration de títulos que não possuem pagamentos de cupons, isto é, cupom zero, é igual sua maturidade. Logo, a duration de um título de zero cupom é igual ao seu prazo, até o vencimento.

maturidade. Esse cálculo vai medir o quanto o preço de um título vai mudar em resposta a uma mudança de 100 *bases-points*.

$$DV100 = \frac{[(\Delta \text{Valor absoluto} + 100 \text{ bp}) + (\Delta \text{Valor absoluto} - 100 \text{ bp})]}{2}$$

Método por Duration Modificada.

Outra forma de calcular o DV100 é através da Duration Modificada, o modelo algébrico é:

$$DV100 = P * \left( \frac{D}{(1 + r)} \right) * 1\%$$

Onde:

P = Valor de mercado do título.

D = Duration.

r = Taxa de juros.

## 2.3 Tracking Error

De acordo com Grinold e Kahn (1999), o tracking error é uma medida que demonstra o quanto uma carteira de ativos pode acompanhar seu índice de referência (benchmark). O tracking error é o desvio padrão da diferença entre o rendimento da carteira e do benchmark.

Para Frino e Gallagher (2001) o tracking error possui três metodologias de cálculo.

A primeira metodologia o mês *t* pode ser calculado como a diferença absoluta dos retornos da carteira e do benchmark:

$$TE_{ct} = R_{ct} - R_{bt}$$

Por ultimo, o tracking error pode ser calculado através da regressão entre os retornos da carteira e do benchmark, o erro aleatório desta regressão será uma aproximação do tracking error.

O calculo de regressão é:

$$R_{ct} = \beta_0 + \beta_i R_{bt} + \varepsilon_{ct}$$

Onde:

$R_{ct}$  é Retorno da carteira no mês t

$\beta_0$  é Constante

$\beta_i$  é Coeficiente da regressão

$R_{bt}$  é Retorno do benchmark no dia t.

$\varepsilon_{ct}$  é Erro aleatório (tracking error).

Logo:

$$TE_{3, cn} = \varepsilon_{ct}$$

*bases-points* condiz com a realidade da taxa de juros brasileira, comparando com os *bases-points* implícitos na volatilidade mensal da taxa do contrato de DI com vencimento em janeiro de 2025 considerado longo prazo. Por fim, como no estudo o índice IMA-B foi admitido como benchmark dos fundos de previdência complementar, calcularemos o VaR e DV100 para compararmos a perda nominal e sensibilidade à taxa de juros do índice com os fundos analisados.

### 3.1 Base de Dados

Os dados para calcular o VaR, DV100 e Tracking Error dos fundos de previdência são:

1. Patrimônio líquido, cotas e carteira com os ativos e quantidades de ativos dos fundos são dados diários de abril de 2014 a junho de 2015 e divulgados pela Central de Sistemas da CVM (Comissão de Valores Mobiliários).
2. Patrimônio líquido, cotas e carteira dos ativos com suas respectivas quantidades do índice IMA-B são dados diários de janeiro de 2014 a junho de 2015 disponibilizados pelo Sistema Bloomberg.
3. Valor Nominal Atualizado (VNA) das Notas do Tesouro Nacional série B (NTN-B) e Notas do Tesouro Nacional série C (NTN-C) são dados diários de abril de 2014 a junho de 2015 e divulgados no Balanço e Estatísticas do Tesouro Nacional.
4. Taxa Referencial de Mercado para os indexadores IPCA (DI x IPCA), IGPM (DI x IGPM) e PRÉ (DI x PRÉ) são dados diários de janeiro de 2014 a junho de 2015 e divulgados no Boletim Diário da BM&FBovespa.
5. Os preços unitários e taxas dos títulos NTN-B, NTN-C, NTN-F, LTN e DI são dados diários de janeiro de 2014 a junho de 2015 divulgados pelo Sistema Economatica.

Os retornos mensais calculados diariamente entre períodos de 21 dias úteis dos indexadores entre 30 de janeiro de 2014 até 29 de maio de 2015 são:

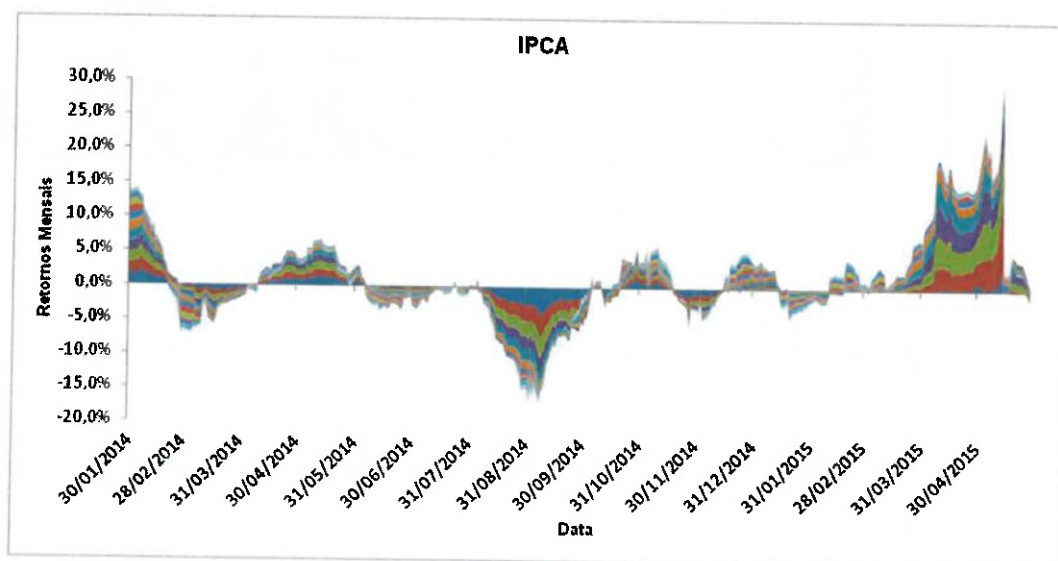


Figura 7: Série histórica dos retornos mensais dos vértices IPCA

Fonte: Autoria própria.

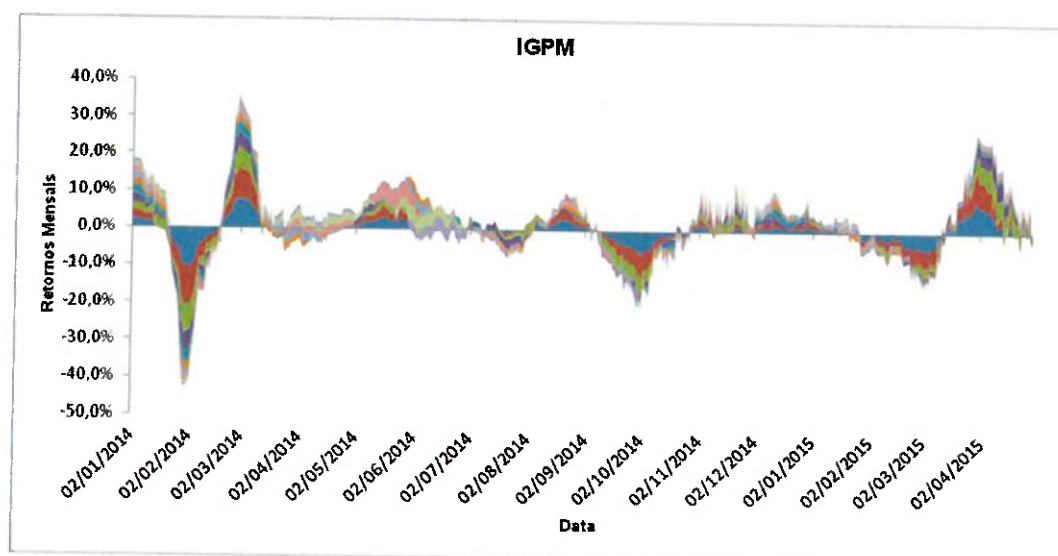


Figura 8: Série histórica dos retornos mensais dos vértices IGPM

Fonte: Autoria própria.

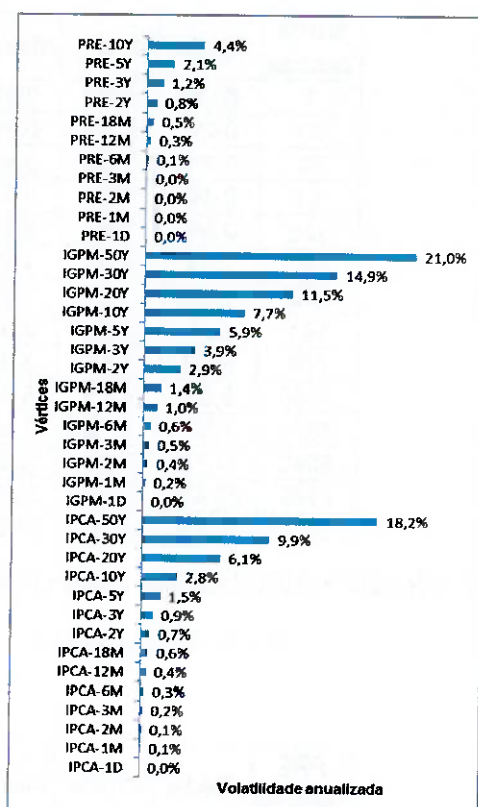


Figura 10: Volatilidade anualizada dos vértices em 30 de Janeiro de 2015.

Fonte: Autoria própria.

A base de dados calculada apresentou os seguintes dados estatísticos:

| IPCA<br>Vértices | Média | Mínimo | Máximo |
|------------------|-------|--------|--------|
| 1                | 0,0%  | 0,0%   | 0,0%   |
| 21               | 0,1%  | 0,1%   | 0,1%   |
| 42               | 0,2%  | 0,1%   | 0,3%   |
| 63               | 0,2%  | 0,2%   | 0,4%   |
| 126              | 0,4%  | 0,3%   | 0,5%   |
| 252              | 0,4%  | 0,4%   | 0,6%   |
| 378              | 0,5%  | 0,5%   | 0,6%   |
| 504              | 0,6%  | 0,6%   | 0,7%   |
| 756              | 0,9%  | 0,8%   | 0,9%   |
| 1260             | 1,4%  | 1,4%   | 1,5%   |
| 2520             | 2,7%  | 2,7%   | 2,8%   |
| 5040             | 6,2%  | 6,0%   | 6,4%   |
| 7560             | 10,0% | 9,7%   | 10,4%  |
| 12600            | 18,6% | 18,0%  | 19,2%  |

Tabela 3: Estatísticas básicas da volatilidade dos retornos mensais dos vértices IPCA.

Fonte: Autoria própria.

Com base nos dados para 30 de janeiro de 2015, as covariâncias entre os vértices foram:

|   |   |   |
|---|---|---|
| A | B | C |
| D | E | F |

Tabela 6: Matriz de covariância em 30 de Janeiro de 2015.

|          | IPCA-1D | IPCA-1M | IPCA-2M | IPCA-3M | IPCA-6M | IPCA-12M | IPCA-18M | IPCA-2Y | IPCA-3Y | IPCA-5Y | IPCA-10Y | IPCA-20Y | IPCA-30Y |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| IPCA-1D  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-1M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-2M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-3M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-6M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%    |
| IPCA-12M | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,01%    | 0,01%    |
| IPCA-18M | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%    | 0,02%    | 0,02%    |
| IPCA-2Y  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%    | 0,02%    | 0,04%    |
| IPCA-3Y  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%    | 0,04%    | 0,06%    |
| IPCA-5Y  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,01%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%   | 0,04%    | 0,07%    | 0,11%    |
| IPCA-10Y | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,01%    | 0,01%   | 0,02%   | 0,04%   | 0,08%    | 0,16%    | 0,25%    |
| IPCA-20Y | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,02%    | 0,02%   | 0,04%   | 0,07%   | 0,16%    | 0,37%    | 0,60%    |
| IPCA-30Y | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%    | 0,02%    | 0,04%   | 0,06%   | 0,11%   | 0,25%    | 0,60%    | 0,97%    |
| IPCA-50Y | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%   | 0,03%    | 0,05%    | 0,07%   | 0,11%   | 0,20%   | 0,44%    | 1,04%    | 1,74%    |
| IGPM-1D  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%    |
| IGPM-1M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%    |
| IGPM-2M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,01%    | 0,01%    |
| IGPM-3M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%    |
| IGPM-6M  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,01%    | 0,01%    |
| IGPM-12M | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | -0,01%   |

Tabela 7: Matriz de Covariância parte A.

Fonte: Autoria própria.

|          | IPCA-50Y | IGPM-1D | IGPM-1M | IGPM-2M | IGPM-3M | IGPM-6M | IGPM-12M | IGPM-18M | IGPM-2Y | IGPM-3Y | IGPM-5Y | IGPM-10Y | IGPM-20Y |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|
| IPCA-1D  | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-1M  | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-2M  | 0,01%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-3M  | 0,01%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IPCA-6M  | 0,02%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,01%    |
| IPCA-12M | 0,03%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,01%    |
| IPCA-18M | 0,05%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,02%    |
| IPCA-2Y  | 0,07%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,02%    |
| IPCA-3Y  | 0,11%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,03%    |
| IPCA-5Y  | 0,20%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,03%    | 0,04%    |
| IPCA-10Y | 0,44%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,05%    | 0,07%    |
| IPCA-20Y | 1,04%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,00%    | -0,01%   | -0,02%  | -0,04%  | -0,05%  | 0,02%    | 0,13%    |
| IPCA-30Y | 1,74%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | -0,01%   | -0,02%   | -0,04%  | -0,12%  | -0,21%  | 0,04%    | 0,16%    |
| IPCA-50Y | 3,33%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,02%   | 0,01%   | 0,01%   | -0,02%   | -0,04%   | 0,02%   | -0,12%  | -0,21%  | 0,04%    | 0,16%    |
| IGPM-1D  | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IGPM-1M  | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IGPM-2M  | 0,02%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| IGPM-3M  | 0,01%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,01%    |
| IGPM-6M  | 0,01%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | -0,01%   | 0,01%    |
| IGPM-12M | -0,02%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,01%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%    | 0,02%    |

Tabela 8: Matriz de Covariância parte B.

Fonte: Autoria própria.

|          | IPCA-50Y | IGPM-1D | IGPM-1M | IGPM-2M | IGPM-3M | IGPM-6M | IGPM-12M | IGPM-18M | IGPM-2Y | IGPM-3Y | IGPM-5Y | IGPM-10Y | IGPM-20Y |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|
| IGPM-18M | -0,04%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,02%    | 0,02%   | 0,04%   | 0,04%   | 0,04%    | 0,06%    |
| IGPM-2Y  | 0,02%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,02%    | 0,08%   | 0,05%   | 0,00%   | 0,11%    | 0,01%    |
| IGPM-3Y  | -0,12%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,04%    | 0,05%   | 0,16%   | 0,16%   | 0,16%    | 0,11%    |
| IGPM-5Y  | -0,21%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,04%    | 0,00%   | 0,16%   | 0,34%   | 0,15%    | 0,19%    |
| IGPM-10Y | 0,04%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | -0,01%  | 0,02%    | 0,04%    | 0,11%   | 0,16%   | 0,15%   | 0,60%    | 0,07%    |
| IGPM-20Y | 0,16%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%    | 0,06%    | 0,01%   | 0,11%   | 0,19%   | 0,07%    | 1,32%    |
| IGPM-30Y | -0,50%   | 0,00%   | 0,00%   | -0,01%  | -0,01%  | 0,03%   | 0,05%    | 0,13%    | -0,08%  | 0,58%   | 1,04%   | 0,12%    | 0,65%    |
| IGPM-50Y | -0,22%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,00%   | 0,02%   | 0,03%   | 0,10%    | 0,09%    | 0,16%   | 0,43%   | 0,32%   | 0,43%    | -0,02%   |
| PRE-1D   | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| PRE-1M   | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| PRE-2M   | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| PRE-3M   | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| PRE-6M   | 0,01%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    |
| PRE-12M  | 0,03%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%    | 0,01%    |
| PRE-18M  | 0,06%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%    | 0,01%    |
| PRE-2Y   | 0,10%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%    | 0,01%    |
| PRE-3Y   | 0,18%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%    | 0,03%    |
| PRE-5Y   | 0,32%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%    | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%    | 0,04%    |
| PRE-10Y  | 0,71%    | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%   | -0,01%   | 0,00%    | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%   | 0,04%    | 0,06%    |

Tabela 11: Matriz de Covariância parte E.

Fonte: Autoria própria.

|          | IGPM-30Y | IGPM-50Y | PRE-1D | PRE-1M | PRE-2M | PRE-3M | PRE-6M | PRE-12M | PRE-18M | PRE-2Y | PRE-3Y | PRE-5Y | PRE-10Y |
|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| IGPM-18M | 0,13%    | 0,09%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   |
| IGPM-2Y  | -0,08%   | 0,16%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,01%  | 0,01%  | 0,01%   |
| IGPM-3Y  | 0,58%    | 0,43%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%  | 0,01%  | 0,01%  | 0,01%   |
| IGPM-5Y  | 1,04%    | 0,32%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%  | 0,01%  | 0,01%  | 0,02%   |
| IGPM-10Y | 0,12%    | 0,43%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,01%   | 0,01%   | 0,01%  | 0,02%  | 0,02%  | 0,04%   |
| IGPM-20Y | 0,65%    | -0,02%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,01%   | 0,01%   | 0,02%  | 0,03%  | 0,04%  | 0,06%   |
| IGPM-30Y | 8,94%    | 3,42%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,01%  | 0,01%   | 0,02%   | 0,02%  | 0,02%  | 0,02%  | 0,08%   |
| IGPM-50Y | 3,42%    | 8,44%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | -0,01% | -0,01% | 0,00%   |
| PRE-1D   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   |
| PRE-1M   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   |
| PRE-2M   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   |
| PRE-3M   | 0,00%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   |
| PRE-6M   | 0,01%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   |
| PRE-12M  | 0,01%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,01%   |
| PRE-18M  | 0,02%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,00%  | 0,01%  | 0,01%  | 0,02%   |
| PRE-2Y   | 0,02%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%  | 0,01%  | 0,01%  | 0,03%   |
| PRE-3Y   | 0,02%    | -0,01%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,01%  | 0,01%  | 0,02%  | 0,05%   |
| PRE-5Y   | 0,02%    | -0,01%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%   | 0,01%   | 0,01%  | 0,02%  | 0,02%  | 0,09%   |
| PRE-10Y  | 0,08%    | 0,00%    | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,01%   | 0,02%   | 0,03%  | 0,05%  | 0,09%  | 0,19%   |

Tabela 12: Matriz de Covariância parte F.

Fonte: Autoria própria.

Com base nos desvios padrão e covariâncias dos vértices, é calculada a correlação e consequentemente a matriz de correlação.

$$\rho_{\text{indexador1, indexador2}} = \frac{\text{COV}_{\text{indexador 1, indexador 2}}}{\sigma_{\text{indexador 1}} * \sigma_{\text{indexador 2}}} \rightarrow \varepsilon = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{1,2} & \dots & \rho_{1,z} \\ \rho_{2,1} & 1 & \dots & \rho_{2,z} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{z,1} & \rho_{z,2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

|          | IGPM-30Y | IGPM-50Y | PRE-1D | PRE-1M | PRE-2M | PRE-3M | PRE-6M | PRE-12M | PRE-18M | PRE-2Y | PRE-3Y | PRE-5Y | PRE-10Y |
|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| IPCA-1D  | 23%      | 12%      | 23%    | 22%    | 32%    | 27%    | 13%    | 4%      | -1%     | -1%    | 3%     | 8%     | 18%     |
| IPCA-1M  | 24%      | 13%      | 24%    | 24%    | 35%    | 30%    | 17%    | 8%      | 2%      | 2%     | 5%     | 10%    | 19%     |
| IPCA-2M  | 25%      | 13%      | 25%    | 26%    | 38%    | 34%    | 21%    | 12%     | 6%      | 5%     | 8%     | 12%    | 20%     |
| IPCA-3M  | 25%      | 14%      | 25%    | 28%    | 41%    | 38%    | 25%    | 16%     | 10%     | 9%     | 11%    | 14%    | 22%     |
| IPCA-6M  | 26%      | 16%      | 27%    | 32%    | 48%    | 48%    | 38%    | 30%     | 22%     | 21%    | 21%    | 22%    | 27%     |
| IPCA-12M | 25%      | 17%      | 25%    | 33%    | 55%    | 62%    | 60%    | 55%     | 49%     | 46%    | 44%    | 41%    | 40%     |
| IPCA-18M | 21%      | 16%      | 21%    | 29%    | 55%    | 67%    | 73%    | 73%     | 69%     | 67%    | 64%    | 59%    | 54%     |
| IPCA-2Y  | 16%      | 12%      | 17%    | 24%    | 51%    | 66%    | 78%    | 83%     | 82%     | 81%    | 78%    | 71%    | 64%     |
| IPCA-3Y  | 9%       | 6%       | 13%    | 18%    | 45%    | 61%    | 77%    | 86%     | 89%     | 91%    | 89%    | 83%    | 74%     |
| IPCA-5Y  | 5%       | 0%       | 14%    | 19%    | 43%    | 58%    | 72%    | 82%     | 87%     | 91%    | 92%    | 89%    | 82%     |
| IPCA-10Y | 4%       | -2%      | 19%    | 25%    | 46%    | 58%    | 69%    | 74%     | 79%     | 86%    | 91%    | 93%    | 90%     |
| IPCA-20Y | 1%       | -4%      | 19%    | 24%    | 42%    | 50%    | 61%    | 64%     | 71%     | 79%    | 86%    | 91%    | 91%     |
| IPCA-30Y | -2%      | -4%      | 18%    | 23%    | 39%    | 47%    | 57%    | 61%     | 69%     | 77%    | 85%    | 90%    | 91%     |
| IPCA-50Y | -9%      | -4%      | 17%    | 22%    | 36%    | 41%    | 50%    | 53%     | 61%     | 70%    | 79%    | 85%    | 88%     |
| IGPM-1D  | -4%      | 12%      | -3%    | -5%    | -5%    | 1%     | 7%     | 14%     | 13%     | 11%    | 9%     | 8%     | 2%      |
| IGPM-1M  | -4%      | 12%      | -3%    | -5%    | -5%    | 1%     | 7%     | 14%     | 13%     | 11%    | 9%     | 8%     | 2%      |
| IGPM-2M  | -10%     | -1%      | 9%     | 12%    | 13%    | 15%    | 14%    | 14%     | 14%     | 16%    | 19%    | 22%    | 21%     |
| IGPM-3M  | -9%      | 16%      | 11%    | 11%    | 9%     | 11%    | 12%    | 6%      | 3%      | 4%     | 5%     | 7%     | 4%      |
| IGPM-6M  | 20%      | 17%      | 12%    | 12%    | 17%    | 18%    | 17%    | 16%     | 13%     | 12%    | 10%    | 9%     | 7%      |
| IGPM-12M | 15%      | 32%      | 25%    | 21%    | 18%    | 18%    | 15%    | 15%     | 9%      | 3%     | -5%    | -12%   | -16%    |

Tabela 16: Matriz de Correlação parte C

Fonte: Autoria própria.

|          | IPCA-1D | IPCA-1M | IPCA-2M | IPCA-3M | IPCA-6M | IPCA-12M | IPCA-18M | IPCA-2Y | IPCA-3Y | IPCA-5Y | IPCA-10Y | IPCA-20Y | IPCA-30Y |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| IGPM-18M | 19%     | 22%     | 25%     | 28%     | 35%     | 44%      | 44%      | 41%     | 30%     | 18%     | 5%       | -8%      | -13%     |
| IGPM-2Y  | 21%     | 23%     | 25%     | 27%     | 32%     | 39%      | 41%      | 40%     | 34%     | 26%     | 9%       | -9%      | -6%      |
| IGPM-3Y  | 28%     | 29%     | 30%     | 31%     | 34%     | 36%      | 34%      | 30%     | 22%     | 15%     | 8%       | -5%      | -12%     |
| IGPM-5Y  | 15%     | 16%     | 17%     | 17%     | 18%     | 17%      | 15%      | 12%     | 10%     | 9%      | 8%       | -1%      | -8%      |
| IGPM-10Y | 18%     | 19%     | 21%     | 22%     | 24%     | 27%      | 27%      | 26%     | 25%     | 27%     | 22%      | 7%       | 3%       |
| IGPM-20Y | 16%     | 17%     | 18%     | 20%     | 23%     | 28%      | 30%      | 30%     | 28%     | 24%     | 21%      | 16%      | 12%      |
| IGPM-30Y | 23%     | 24%     | 25%     | 25%     | 26%     | 25%      | 21%      | 16%     | 9%      | 5%      | 4%       | 1%       | -2%      |
| IGPM-50Y | 12%     | 13%     | 13%     | 14%     | 16%     | 17%      | 16%      | 12%     | 6%      | 0%      | -2%      | -4%      | -4%      |
| PRE-1D   | 23%     | 24%     | 25%     | 25%     | 27%     | 25%      | 21%      | 17%     | 13%     | 14%     | 19%      | 19%      | 18%      |
| PRE-1M   | 22%     | 24%     | 26%     | 28%     | 32%     | 33%      | 29%      | 24%     | 18%     | 19%     | 25%      | 24%      | 23%      |
| PRE-2M   | 32%     | 35%     | 38%     | 41%     | 48%     | 55%      | 51%      | 45%     | 43%     | 46%     | 42%      | 39%      | 39%      |
| PRE-3M   | 27%     | 30%     | 34%     | 38%     | 48%     | 62%      | 67%      | 66%     | 61%     | 58%     | 58%      | 50%      | 47%      |
| PRE-6M   | 13%     | 17%     | 21%     | 25%     | 38%     | 60%      | 73%      | 78%     | 77%     | 72%     | 69%      | 61%      | 57%      |
| PRE-12M  | 4%      | 8%      | 12%     | 16%     | 30%     | 55%      | 73%      | 83%     | 86%     | 82%     | 74%      | 64%      | 61%      |
| PRE-18M  | -1%     | 2%      | 6%      | 10%     | 22%     | 49%      | 69%      | 82%     | 89%     | 87%     | 79%      | 71%      | 69%      |
| PRE-2Y   | -1%     | 2%      | 5%      | 9%      | 21%     | 46%      | 67%      | 81%     | 91%     | 91%     | 86%      | 79%      | 77%      |
| PRE-3Y   | 3%      | 5%      | 8%      | 11%     | 21%     | 44%      | 64%      | 78%     | 89%     | 92%     | 91%      | 86%      | 85%      |
| PRE-5Y   | 8%      | 10%     | 12%     | 14%     | 22%     | 41%      | 59%      | 71%     | 83%     | 89%     | 93%      | 91%      | 90%      |
| PRE-10Y  | 18%     | 19%     | 20%     | 22%     | 27%     | 40%      | 54%      | 64%     | 74%     | 82%     | 90%      | 91%      | 91%      |

Tabela 17: Matriz de Correlação parte D.

Fonte: Autoria própria.

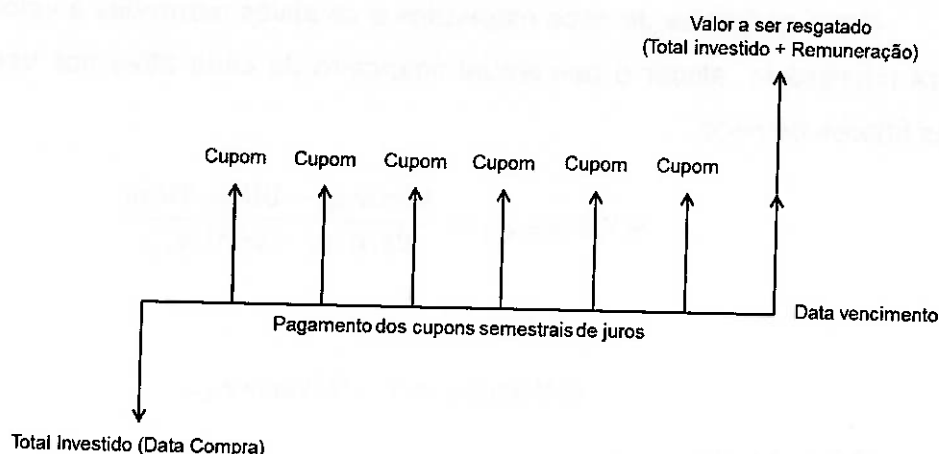


Figura 11: Fluxo de caixa de título público com cupom.

Fonte: Autoria própria.

Com o portfólio marcado a valor presente, é necessário mapear os ativos de acordo com seus fatores de risco. Neste trabalho os fatores de risco mapeados são: Taxas de Juros Pré Fixadas, Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), Índice Geral de Preços ao Mercado (IGPM) e Futuro de DI. Os fatores de risco serão mapeados nos vértices padrões de dias úteis da SUSEP.

| Vértices<br>(Dias Úteis) | Fatores de Risco |    |      |      |
|--------------------------|------------------|----|------|------|
|                          | PRÉ              | DI | IPCA | IGPM |
| 1                        | x                | x  | x    | x    |
| 21                       | x                | x  | x    | x    |
| 42                       | x                | x  | x    | x    |
| 63                       | x                | x  | x    | x    |
| 126                      | x                | x  | x    | x    |
| 252                      | x                | x  | x    | x    |
| 378                      | x                | x  | x    | x    |
| 504                      | x                | x  | x    | x    |
| 756                      | x                | x  | x    | x    |
| 1260                     | x                | x  | x    | x    |
| 2520                     | x                | x  | x    | x    |
| 5040                     |                  |    | x    | x    |
| 7560                     |                  |    | x    | x    |
| 12600                    |                  |    | x    | x    |

Tabela 20: Vértices para os fatores de risco.

Fonte: Autoria própria.

Com a alocação do volume financeiro e volatilidade de todos os vértices, é possível calcular o VaR de cada vértice, multiplicando pelo intervalo de confiança desejado.

$$\text{VaR}_{\text{vértice } n} = \text{Financeiro}_{\text{vértice } n} * \sigma_{\text{vértice } n} * Z_{\alpha}$$

Conhecido o VaR por vértice, é necessário acrescentar a matriz de correlação dos vértices para o cálculo do VaR do portfólio.

$$Y = \text{VaR}_{\text{vértices}} * \varepsilon$$

Portanto o VaR Mensal do Portfólio será dado por:

$$\text{VaR}_{\text{Portfólio}} = \sqrt{Y * Y'}$$

### 3.3 Cálculo do Backtesting

Para calcular o backtesting, se faz necessário o histórico de dados dos retornos mensais dos portfólios e o seu respectivo VaR.

Em cada instante  $t$  é realizado o seguinte teste de falha:

Se  $\text{Ret. Mensal}_i \leq -\text{VaR Mensal}_i$ ; retorna o valor 1

Se  $\text{Ret. Mensal}_i > -\text{VaR Mensal}_i$ ; retorna o valor 0

E somar os resultados apresentados.

$$X = \sum \text{Teste Modelo}_i$$

Com o total de testes de falhas calculado, realiza-se o teste de Kupiec:

$$\text{LR}_{\text{UC}} = -2 \ln[(1 - \beta)^{n-x} \beta^x + 2 \ln \left[ \left(1 - \frac{x}{n}\right)^{n-x} \left(\frac{x}{n}\right)^x \right]] \sim X^2(\alpha, 1)$$

Calcular o inverso da probabilidade de cauda direita da distribuição qui-quadrada:

### 3.5 Cálculo do Tracking Error

Para calcular o Tracking Error, serão utilizados os retornos diários dos fundos analisados e do índice IMA-B.

$$\text{Retorno Diário}_t = \frac{\text{Preço}_t}{\text{Preço}_{t-1}} - 1$$

Com base nos retornos calculados, é necessário realizar a diferença dos retornos dos fundos em relação ao benchmark.

$$\Delta \text{Retornos}_t = \text{Retorno}_{\text{Fundo } x}_t - \text{Retorno}_{\text{Benchmark}_t}$$

Para calcular o Tracking Error, será realizado o desvio padrão mensal da diferença dos retornos calculados.

$$\text{Tracking Error} = \sqrt{\frac{1}{20} \sum (R_{\text{Fundo } x}_t - R_{\text{benchmark}_t})^2}$$

### 3.6 Cálculos comparativos

Para transformar o DV100 em uma métrica de perda nominal, denominado de DVaR, multiplicaremos seu resultado pelo mesmo nível de confiança de 95% da distribuição normal adotado no VaR e pela volatilidade do fator de risco PRÉ-DI da vértice mais próxima da duração de cada fundo.

$$\text{DVaR}_{\text{Fundo } i} = \text{DV100}_{\text{Fundo } i} * \sigma_{\text{Vértice PRÉ/DI}_{\text{Duração do Fundo } i}} * Z_{\alpha}$$

A fim de comparar o choque de 1% do modelo DV100 com choques diários da taxa de juros brasileira, adotaremos a volatilidade mensal do contrato futuro de DI Jan/2025, e substituir no Delta Value o choque fixo de 1% pela volatilidade mensal calculada diariamente, denominando esse modelo comparativo de DVol.

## 4 Resultados

Serão apresentados por instituição, os resultados calculados entre janeiro a maio de 2015 das três metodologias, dos cálculos comparativos, e a comparação das perdas previstas com as perdas efetivamente de cada fundo analisado.

### 4.1 Fundo do Banco do Brasil

O fundo de investimento em renda fixa BB PREV PUBLICO IGP-M I com CNPJ: 05.116.459/0001-79, teve início em 11/04/2005.

A evolução do patrimônio, até maio de 2015 é 115%. O retorno acumulado do fundo desde seu início, é mediana aos principais índices de renda fixa brasileira.

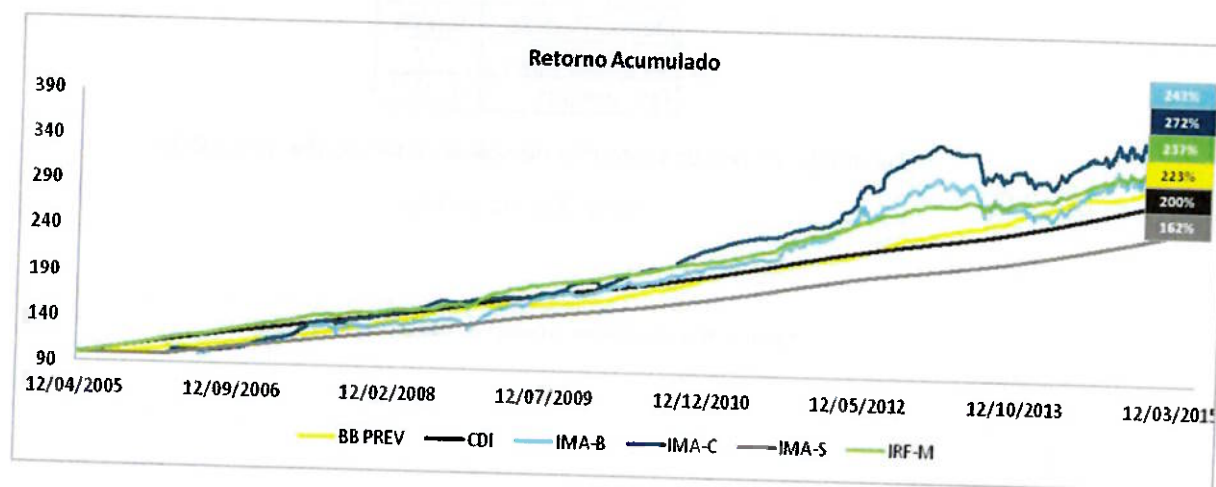


Figura 13: Gráfico comparativo do retorno do fundo Banco do Brasil e os principais índices de renda fixa brasileiro.

Fonte: Autoria própria.

|                 |        |
|-----------------|--------|
| Média           | 0,80%  |
| Desvio Padrão   | 0,48%  |
| Meses Negativos | 14     |
| Pior Retorno    | -0,14% |

Tabela 22: Dados dos retornos mensais do fundo do Banco do Brasil.

Fonte: Autoria própria.

#### 4.1.1 VaR Paramétrico do BB Prev

Em uma amostra de 80 dias de cálculo, a média do VaR Mensal do Fundo BB Prev foi de 1,43% ou R\$ 53 milhões. O maior valor foi em 30/01/2015 com 1,67% ou R\$ 61 milhões, isto é, 1 em cada 20 meses o fundo poderá perder mais que R\$ 63 milhões.

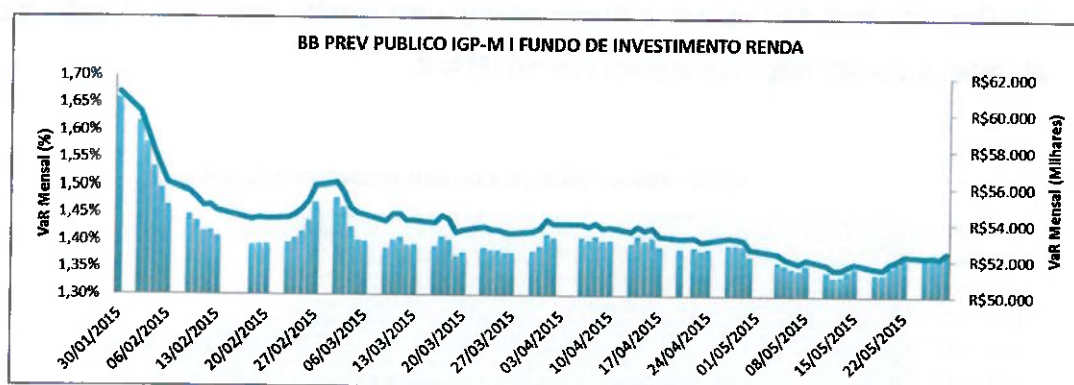


Figura 16: VaR paramétrico mensal estimado diariamente para o fundo do Banco do Brasil, com 95% de confiança.

Fonte: Autoria própria.

#### 4.1.2 DV100 do BB Prev

Em uma amostra de 80 dias de cálculo, a média do DV100 do Fundo BB Prev foi de 4,91%, ou seja, se a taxa de juros sofresse um aumento de 1% o fundo perderia em média aproximadamente R\$ 200 milhões ou ganharia essa mesma quantia se a taxa de juros diminuísse 1%.

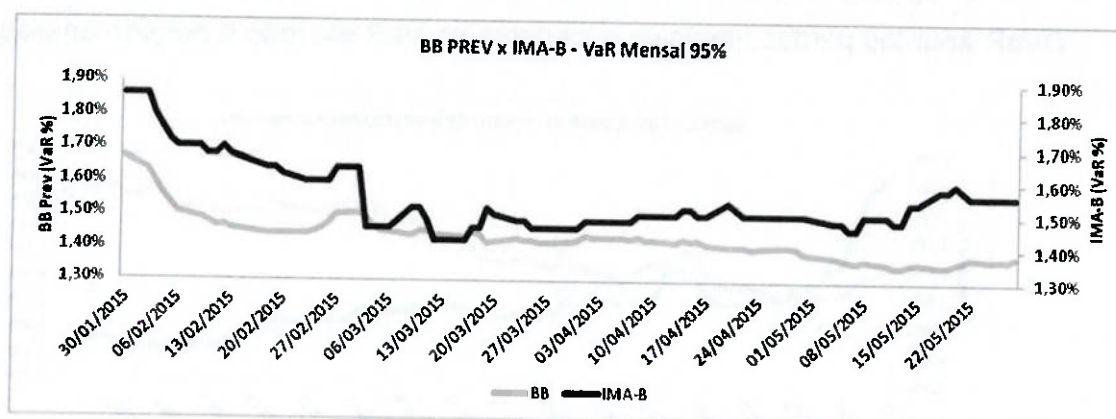


Figura 19: BB Prev x IMA-B VaR Mensal.

Fonte: Autoria própria.

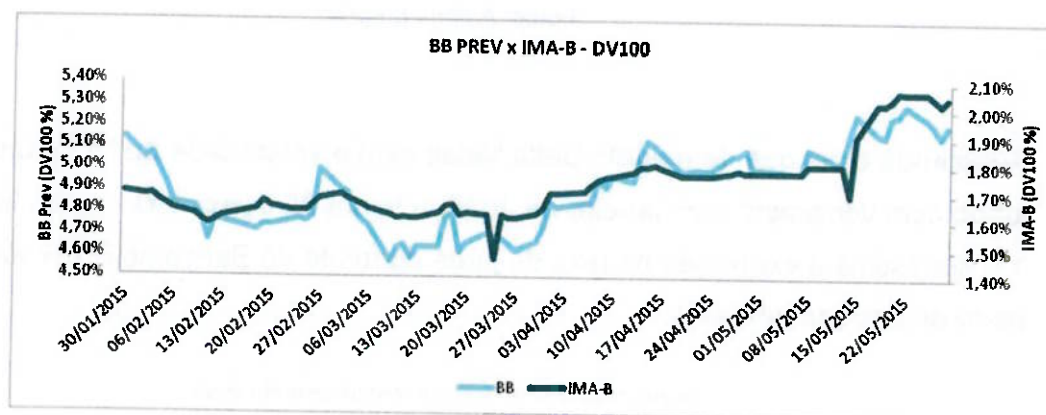


Figura 20: BB Prev x IMA-B DV100.

Fonte: Autoria própria.

#### 4.1.4 Modelos comparativos para o BB Prev

O fundo possui uma duração de aproximadamente 2100 dias ou 8.3 anos, com isso a volatilidade para o cálculo do DVaR será da vértice 10 anos PRÉ-DI utilizado no modelo do VaR que apresentou uma média de 0,48% no período analisado. As 80 amostras calculadas, o DVaR apresentou uma média de 1,98% ou 74 milhões, em 30/01/2015 que o VaR apresentou o pior resultado, o DVaR calculado foi de 1,93%, ficando abaixo da sua média.

## 4.2 Fundo do Bradesco

O fundo de investimento em renda fixa BRADESCO MÁSTER PREFIXADO FI RENDA FIXA com CNPJ: 10.583.934/0001-57, teve início em 31/07/2009.

A evolução do patrimônio, até maio de 2015 é 29%. O retorno acumulado do fundo desde seu início, é mediana aos principais índices de renda fixa brasileira.

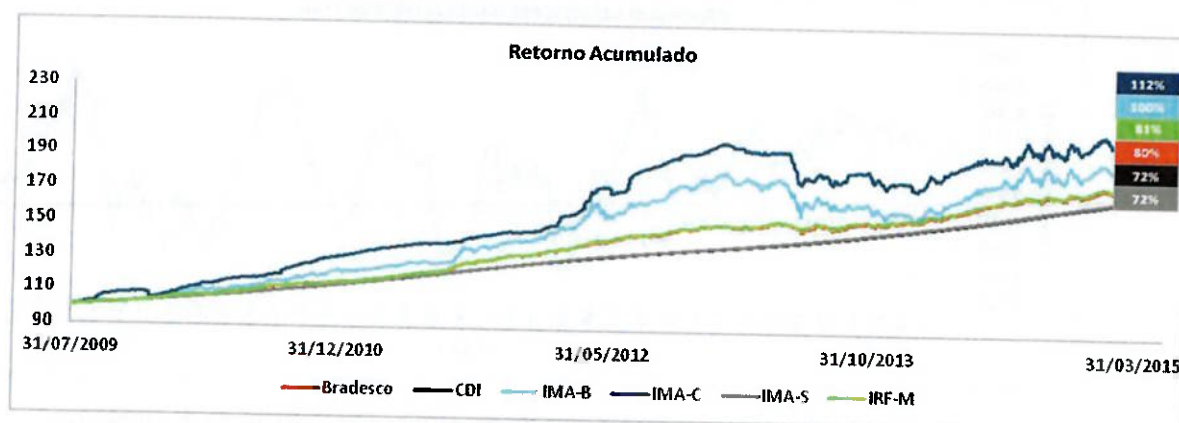


Figura 23: Gráfico comparativo do retorno do fundo Bradesco e os principais índices de renda fixa brasileiro.

Fonte: Autoria própria.

Os retornos efetivos diários e mensais do fundo entre abril de 2014 a maio de 2015 foram:

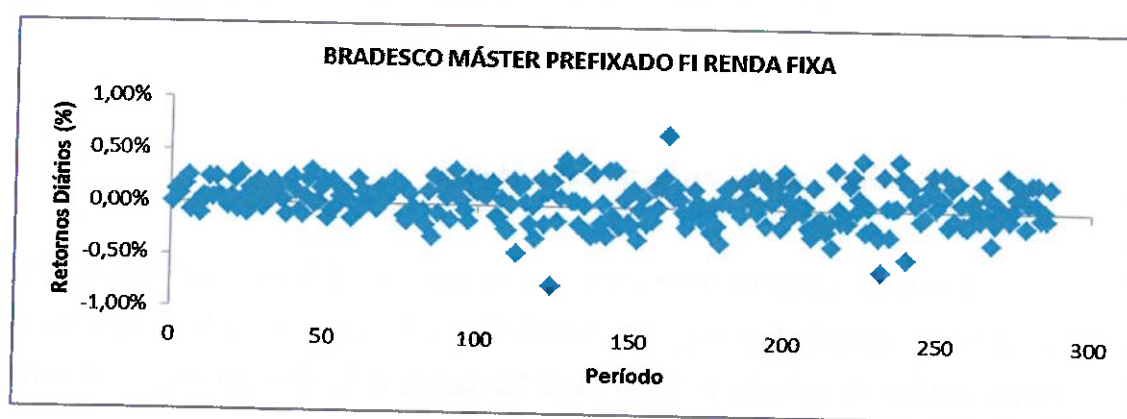


Figura 24: Os retornos diários do fundo do Bradesco.

Fonte: Autoria própria.

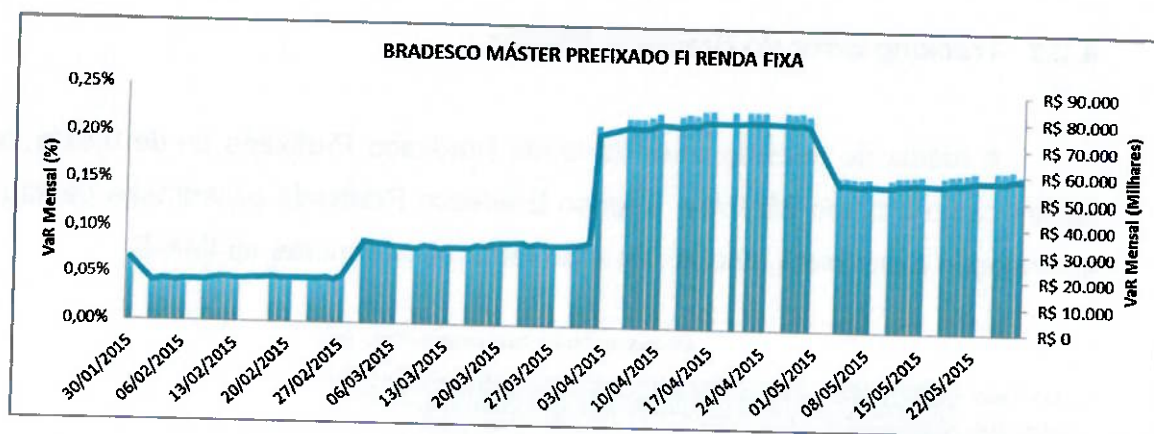


Figura 26: VaR paramétrico mensal estimado diariamente para o fundo do Bradesco, com 95% de confiança.

Fonte: Autoria própria.

#### 4.2.2 DV100 do Bradesco Master

A média do DV100 do Fundo Bradesco Prefixado foi de 6,59%, ou seja, se a taxa de juros sofresse um aumento de 1% o fundo perderia em média R\$ 2,6 milhões ou ganharia essa mesma quantia se a taxa de juros diminuísse 1%.

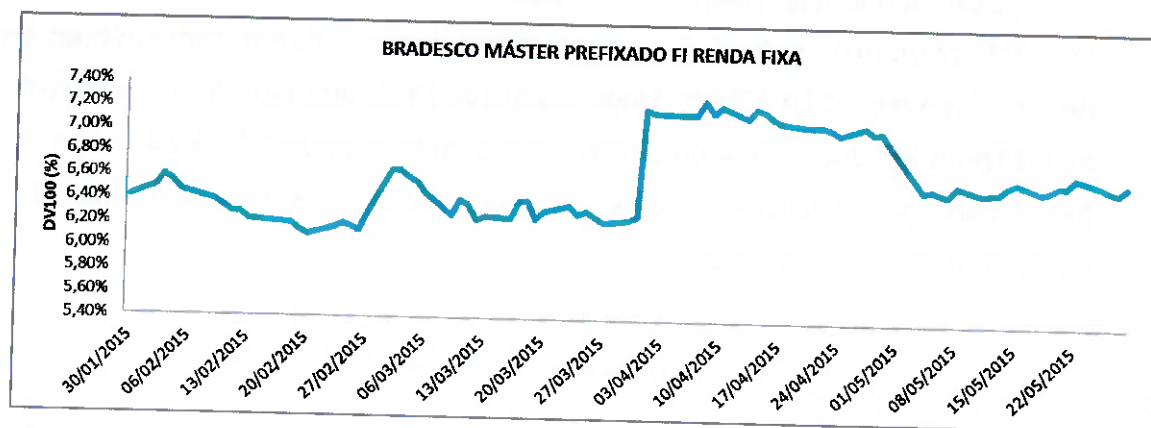


Figura 27: DV100 estimado diariamente para o fundo do Bradesco.

Fonte: Autoria própria.

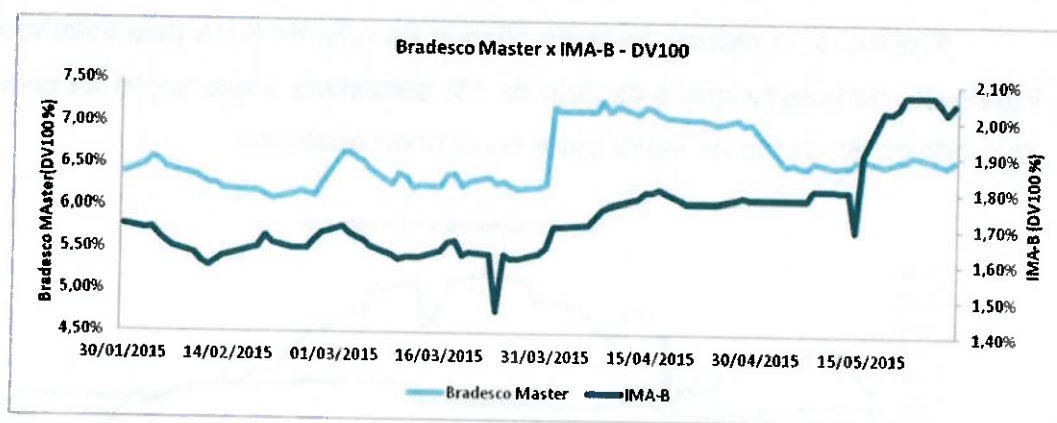


Figura 30: Bradesco Master x IMA-B DV100.

Fonte: Autoria própria.

#### 4.2.4 Modelos comparativos para o Bradesco Prefixado

O fundo possui uma duração de aproximadamente 100 dias ou 0.4 anos, com isso a volatilidade para o cálculo do DVaR será da vértice 3 meses PRÉ-DI utilizado no modelo do VaR que apresentou uma média de 0,18% no período analisado. Nas 80 amostras calculadas o DVaR apresentou uma média de 1,38% ou 523 mil, em 24/04/2015 que o VaR apresentou o pior resultado, o DVaR calculado foi de 1,43%, ficando acima da sua média.

Na figura 31 é apresentado os valores do VaR Mensal e do DVaR e o DVaR apontou perdas nominais muito superiores ao VaR em todo o período analisado.

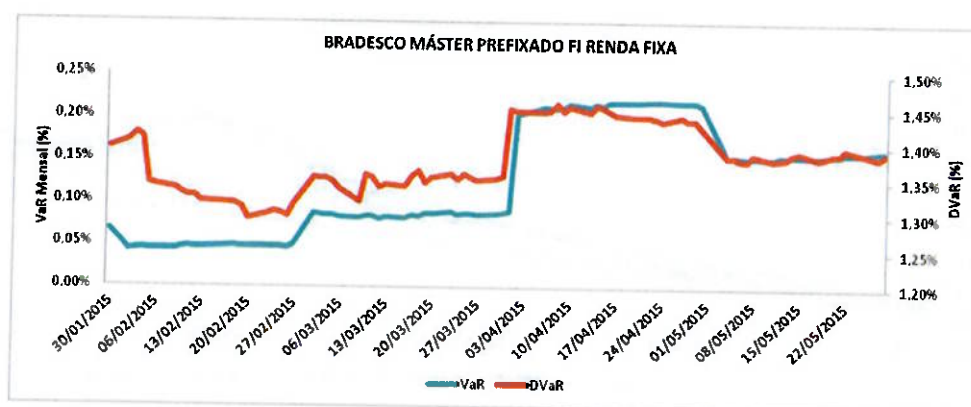


Figura 31: VaR Mensal x DVaR do fundo do Bradesco.

Fonte: Autoria própria.

Os retornos efetivos diários e mensais do fundo entre abril de 2014 a maio de 2015 foram:

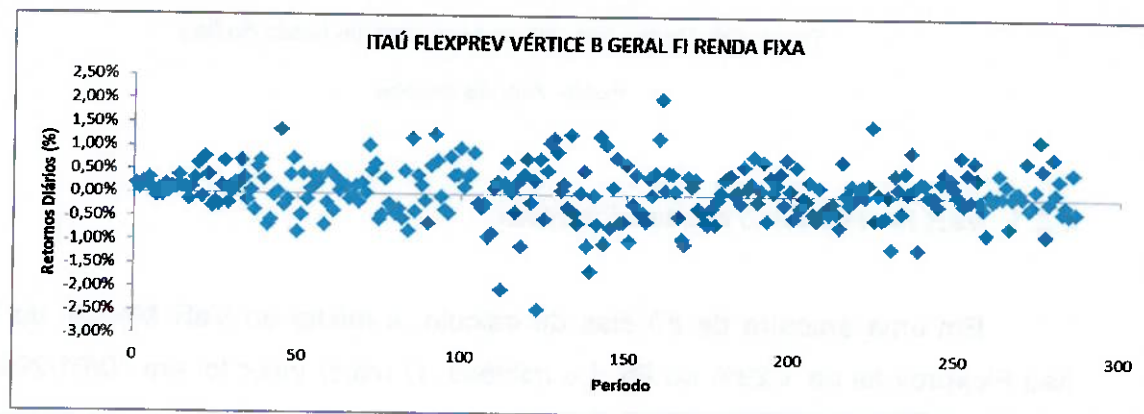


Figura 34: Os retornos diários do fundo do Itaú.

Fonte: Autoria própria.

|                 |        |
|-----------------|--------|
| Média           | 0,07%  |
| Desvio Padrão   | 0,55%  |
| Meses Negativos | 121    |
| Pior Retorno    | -2,45% |

Tabela 25: Dados dos retornos diários do fundo do Itaú.

Fonte: Autoria própria.

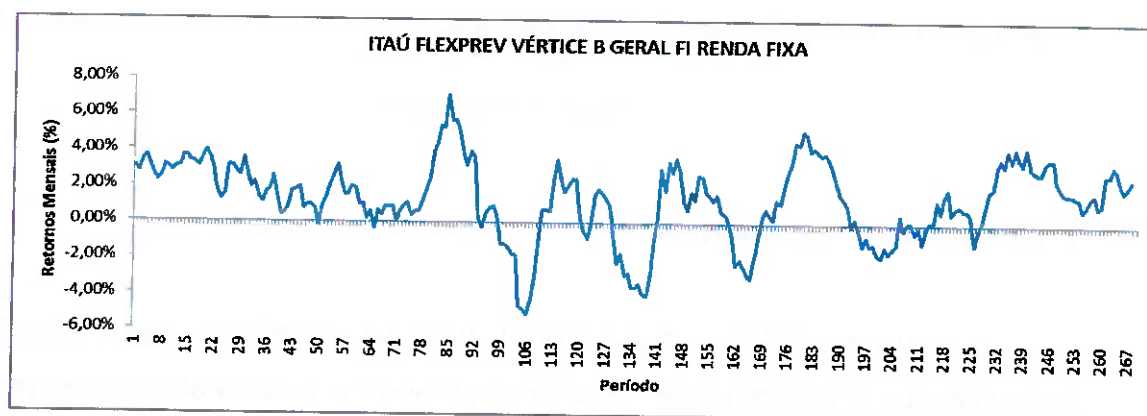


Figura 35: Os retornos mensais (Janela de 21 dias úteis) do fundo do Itaú.

Fonte: Autoria própria.

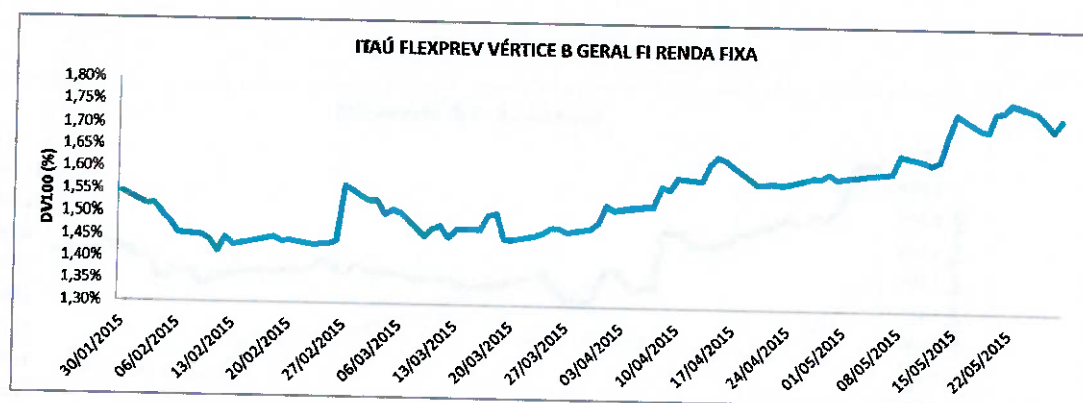


Figura 37: DV100 estimado diariamente para o fundo do Itaú.

Fonte: Autoria própria.

### 4.3.3 Tracking Error do Itaú Flexprev

A média do tracking error do fundo Itaú Flexprev foi de 0,03%, isto é, o fundo possui uma gestão passiva em relação à sua meta atuarial, replicando de forma eficiente o índice IMA-B.

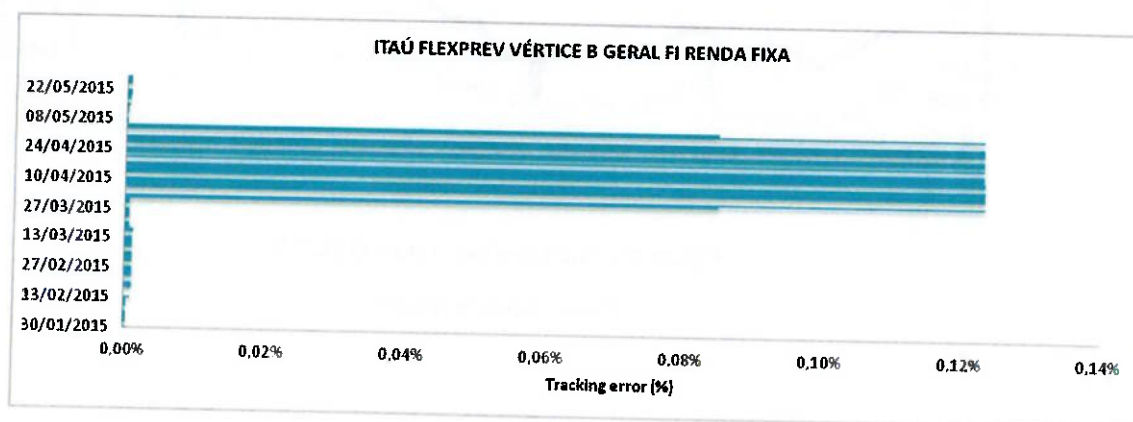


Figura 38: Tracking error calculado diariamente para o fundo do Itaú.

Fonte: Autoria própria.

Com estratégia semelhante ao benchmark, comparamos a máxima perda nominal em um mês pelo VaR e a sensibilidade das carteiras com choques na taxa de juros através do DV100 do fundo Itaú Flexprev com do índice IMA-B, nota-se nas figuras 39 e 40 que o risco de perda nominal assumido e a exposição a mudanças da taxa de juros pelo fundo é menor que seu benchmark.

A figura 41 apresenta os valores do VaR Mensal e do modelo DVaR e o DVaR apontou perdas nominais inferiores ao VaR em todo o período analisado.

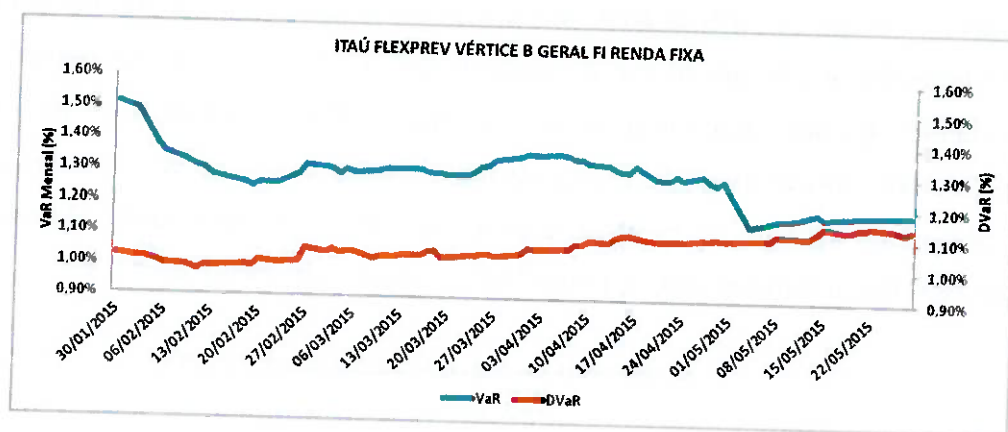


Figura 41: VaR Mensal x DVaR do fundo do Itaú.

Realizando o mesmo teste do choque na taxa de juros pela volatilidade do DI Futuro 25, demonstra que o choque de 1% subestima a exposição na taxa de juros do fundo do Itaú na maior parte do período analisado.

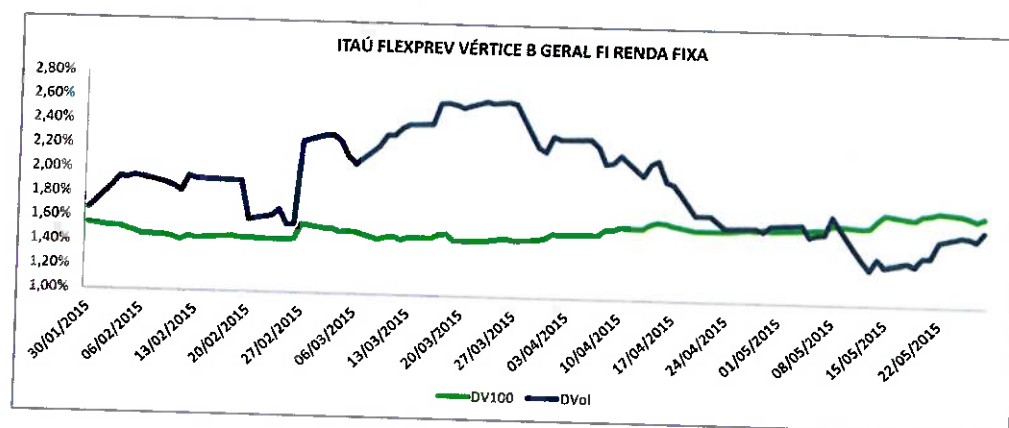


Figura 42: DV100 x DVol do Fundo do Itaú

Devido à exposição de 91% em ativos com maturidade de longo prazo, o fundo possui grande sensibilidade a variações de taxas de juros, expondo seu portfólio a uma alavancagem média de aproximadamente quatro vezes a variação da taxa de juros, ou seja, para cada 1% de variação de taxa de juros o fundo poderá ganhar ou perder aproximadamente 4%.

No ano de 2015 a volatilidade da taxa de juros está acima da média de anos anteriores, como visto na figura 45, quanto mais longo a maturidade do ativo, maior a probabilidade de ocorrer grandes choques sobre a taxa de juros.

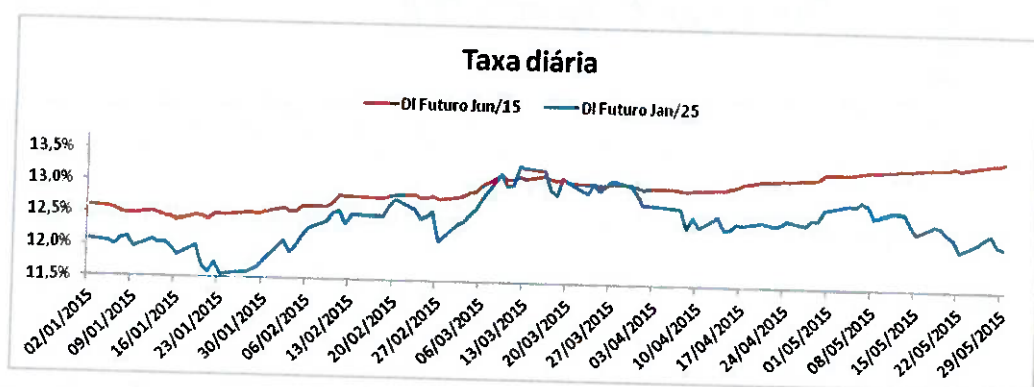


Figura 45: Relação de curto prazo x longo prazo entre taxas diárias de contrato futuro de DI.

Fonte: Autoria própria.

Em relação à meta atuarial o fundo não tem replicado os retornos do benchmark IMA-B, com média do tracking error de 0,46%. Desde seu início até maio de 2015 o fundo possui retorno acumulado negativo em 20% em relação ao índice IMA-B.

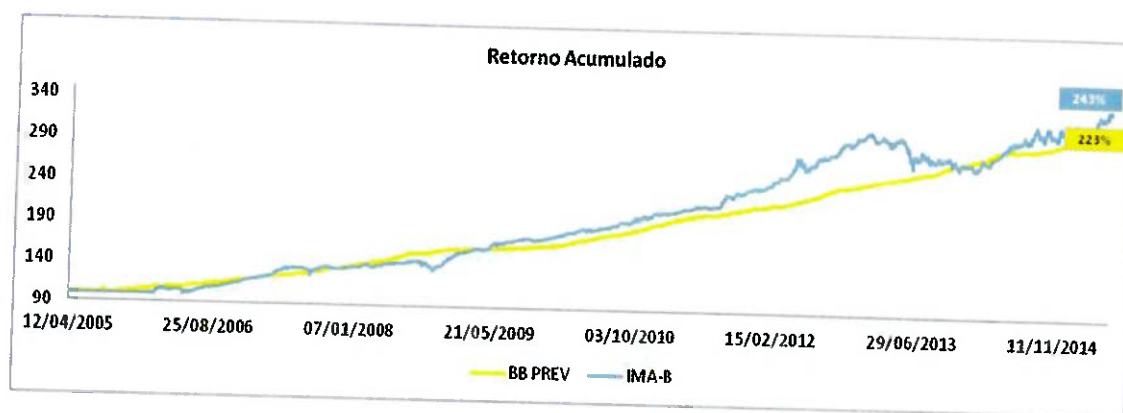


Figura 46: Retorno acumulado do fundo Banco do Brasil e do benchmark IMA-B.

Fonte: Autoria própria.

Em relação à meta atuarial o fundo não tem replicado os retornos do benchmark IMA-B, com média do tracking error de 0,52%. Desde seu início até maio de 2015 o fundo possui retorno acumulado negativo em 20% em relação ao índice IMA-B.

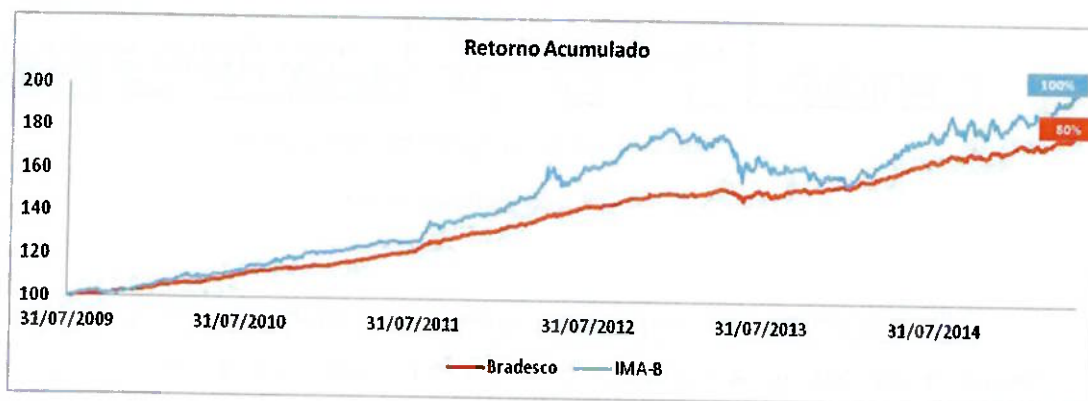


Figura 49: Retorno acumulado do fundo Bradesco e do benchmark IMA-B.

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o fundo do Itaú possui estratégia em ativos com exclusividade do indexador IPCA, alocam em média 60% em ativos de longo prazo e 40% em ativos de curto prazo. A média do VaR calculado foi de 1,29%.

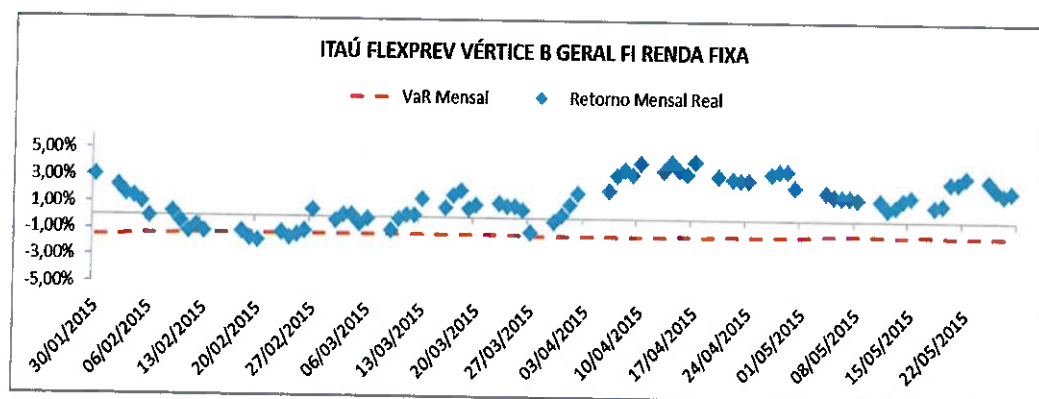


Figura 50: Comparativo entre retorno real do fundo Itaú com o VaR calculado.

Fonte: Autoria própria.

## 6 Conclusão

Neste trabalho apresentamos os principais modelos de gerenciamento de risco utilizados por instituições financeiras para fundos de investimentos em renda fixa. Porém a gestão de riscos de fundos de previdência possui objetivos diferentes de fundos de investimentos, pois o fundo de previdência administra o capital com o objetivo de devolvê-lo no longo prazo sob forma de renda vitalícia ou renda por prazo certo. Deste modo, foram feitas adaptações que permitissem a aplicação dos modelos às características específicas destes fundos.

Os modelos calculados foram o VaR paramétrico para analisar a perda dada a volatilidade e correlação dos ativos de cada portfólio, o DV100 para verificar a sensibilidade do portfólio em relação a variações da taxa de juros e o Tracking Error por desvio padrão para averiguar o quão preciso a estratégia de cada fundo compromete suas obrigações de longo prazo, eles foram aplicados às carteiras reais de três fundos de previdência brasileiros que foram selecionados conforme suas estratégias de investimentos.

Foram feitas algumas adaptações nos modelos Value at Risk e Delta Value para fins comparativos entre as metodologias como comparar a perda nominal entre os modelos e a substituição do choque fixo pela volatilidade da taxa de juros de longo prazo, com objetivo de verificar se o choque do modelo condiz com as variações da taxa de juros brasileira de longo prazo.

Com base nos resultados apresentados, analisamos se um modelo é mais eficaz do que os demais ou se são complementares para mitigação de risco.

Os resultados obtidos, entretanto, possuem algumas limitações, entre elas, restrições de dados disponíveis na internet, não obrigatoriedade de divulgação da carteira completa pelas instituições, divulgações de informações com defasagem de três meses e pouca periodicidade de dados mensais, em virtude dos fundos serem relativamente novos. O modelo do VaR Paramétrico, teve alteração no fator tempo, sendo calculado mensalmente, devido a estratégia de longo prazo dos fundos de previdência privada e essa adaptação ocasionou em um número reduzido de

Por ultimo, o fundo Itaú Flexprev Vértice B Geral do Banco Itaú, possui uma carteira com títulos exclusivos ao fator de risco IPCA, apresentou um VaR que quando comparado aos retornos reais do fundo, obteve resultados consistentes e o modelo mostrou-se eficiente com o nível de confiança adotado. O modelo adaptado DVaR apresentou resultados inferiores ao VaR, tornando-se uma medida ineficiente para o fundo, pois pode ser surpreendido com perdas superiores as apresentadas pelo DVaR.

Com estratégia exclusiva em ativos IPCA, o fundo apresentou a menor sensibilidade a variações de taxas de juros dentre os avaliados, tornando-se um fundo moderado em momentos de alta volatilidade na taxa de juros, e com essa estratégia o fundo segue os retornos do índice IMA-B, porém com menor risco e seu tracking error próximo de 0% demonstra eficiência em relação ao parâmetro adotado para meta atuarial.

|                                            | Banco do Brasil          | Bradesco              | Itaú                              |
|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Estratégia Principal                       | Diversificação de ativos | Pré Fixado com Hedge  | Ativos de Inflação (IPCA)         |
| Maturidade dos ativos preponderantes       | Longo Prazo              | Longo Prazo           | Longo Prazo                       |
| VaR com 95% de confiança                   | Alto                     | Baixo                 | Alto                              |
| Backtesting do VaR                         | Aprovado                 | Reprovado             | Aprovado                          |
| DVaR com 95% de confiança                  | Menor que o VaR          | Menor que o VaR       | Menor que o VaR                   |
| Sensibilidade a variações da taxa de juros | Alto                     | Alto                  | Baixo                             |
| Tracking Error                             | Alto                     | Alto                  | Baixo                             |
| Risco x Retorno Benchmark                  | Menor risco e retorno    | Menor risco e retorno | Menor risco e retorno equivalente |

Figura 53: Quadro comparativo entre os três fundos analisados.

Fonte: Autoria própria.

Portanto apesar das limitações, os modelos calculados apresentaram resultados complementares na mitigação de risco, notou-se que os fundos praticaram estratégias distintas, ocasionando em riscos diferenciados. Mesmo com todas essas vantagens apresentadas, ainda se faz necessário aperfeiçoamento dos modelos para fundos de previdência.

Como ideia de aprimoramento, seria importante a inclusão de fatores de risco mais complexos, como ativos não lineares nas métricas de máxima perda esperada e adaptação da volatilidade da taxa de juros nas métricas de sensibilidades, eles tornariam as medidas mais realistas, permitindo melhores conclusões e poder de decisão sobre qual modelo seria mais conveniente para cada situação em específica.

Central de Sistemas. **Consulta de Fundos – Fundos de Investimentos**. Disponível em: <<http://sistemas.cvm.gov.br/?fundosreg>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

Christoffersen, P. **Evaluating interval forecast**. *Internacional Economic Review*. Vol. 39, Nº4, 1988, p. 844-847.

CME Group. **Calculating The Dollar Value of a Basis Point**. Disponível em: <[https://www.cmegroup.com/trading/interest-rates/files/Calculating\\_the\\_Dollar\\_Value\\_of\\_a\\_Basis\\_Point\\_Final\\_Dec\\_4.pdf](https://www.cmegroup.com/trading/interest-rates/files/Calculating_the_Dollar_Value_of_a_Basis_Point_Final_Dec_4.pdf)>. Acesso em: 15 jun. de 2015,

Conselho Nacional de Previdência Complementar. **Resolução Nº 15 – Novembro 2014**. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2014/11/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CNPC-n%C2%B0-15-de-19-de-novembro-de-2014.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2015.

Coleman, T.S. **A Guide to Duration, DV01, and Yield Curve Risk Transformations**, 2011, Disponível em: <[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1733227](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1733227)>. Acesso em: 19 jun. 2015.

Dowd, K. **Beyond Value at Risk: The new science of Risk Management**. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 1998, p. 74-76.

Fabozzi, F. **The Handbook of Fixed Income Securities**. 7º ed. New York: McGraw-Hill, 1997, p. 21-28.

Faria, A.C. ; Guerra, A. S. **O Instrumento Value at Risk – VaR na Avaliação do Risco da Atividade de Auditoria Contábil**. Dissertação (Mestrado em Controladoria) – Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro, 2009.

FenaPrevi. **Planos de Caráter Previdenciário - Dados Estatísticos**. Relatório Previdência - Outubro 2014. Disponível em <<http://www.cnseg.org.br/fenaprevi/estatisticas>>. Acesso 12 mai. 2015.

Kupiec, P. **Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models**, Journal of Derivatives, 1995, p. 74-84.

Manganelli, Simone e R. Engle. **Value At Risk models in finance**, Working Paper NO. 75, European Central Bank, 2001. Disponível em: <<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp075.pdf?17301317e16527fa296634f3cdf65a6d>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

Pena, R. **Previdência Complementar no Brasil: história, evolução e desafios**, Revista Fundo de Pensões da Abrapp, n 340, 2008, p. 13.

Pedote, C. F. S. **Análise e Gerenciamento de Risco. Gestão de Risco Operacional em Instituições Financeiras**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2002.

Silva, C. A. G. **Modelos Econométricos para Estimação da Volatilidade Condicional do Retorno de Ativos Financeiros**, Modelos Econométricos da Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2005.

Uyemura, Dennis G., Donald R. **Financial Risk Management in Banking : The Theory and Application of Asset and Liability Management**. Chicago: Probus, 1992.

|            | BB    |                 |       |       |       |       |
|------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|            | VaR % | VaR \$ Milhares | DV100 | T.E   | DVaR  | DVol  |
| 31/03/2015 | 1,42% | R\$ 52.726,19   | 4,72% | 0,50% | 1,96% | 6,99% |
| 01/04/2015 | 1,44% | R\$ 53.365,50   | 4,84% | 0,52% | 1,99% | 7,40% |
| 02/04/2015 | 1,43% | R\$ 53.173,37   | 4,82% | 0,51% | 1,98% | 7,33% |
| 06/04/2015 | 1,43% | R\$ 53.181,42   | 4,84% | 0,50% | 1,99% | 7,33% |
| 07/04/2015 | 1,43% | R\$ 53.077,26   | 4,84% | 0,50% | 1,99% | 7,15% |
| 08/04/2015 | 1,43% | R\$ 53.299,60   | 4,95% | 0,45% | 2,02% | 6,66% |
| 09/04/2015 | 1,42% | R\$ 53.010,36   | 4,92% | 0,45% | 2,01% | 6,68% |
| 10/04/2015 | 1,43% | R\$ 53.079,15   | 4,97% | 0,45% | 2,02% | 6,82% |
| 13/04/2015 | 1,42% | R\$ 52.887,47   | 4,94% | 0,45% | 2,02% | 6,29% |
| 14/04/2015 | 1,43% | R\$ 53.268,94   | 5,07% | 0,46% | 2,05% | 6,62% |
| 15/04/2015 | 1,42% | R\$ 53.030,20   | 5,13% | 0,46% | 2,06% | 6,72% |
| 16/04/2015 | 1,42% | R\$ 53.201,88   | 5,11% | 0,43% | 2,06% | 6,19% |
| 17/04/2015 | 1,41% | R\$ 52.726,92   | 5,07% | 0,44% | 2,05% | 6,13% |
| 20/04/2015 | 1,40% | R\$ 52.602,74   | 4,98% | 0,40% | 2,03% | 5,38% |
| 22/04/2015 | 1,41% | R\$ 52.687,70   | 5,00% | 0,40% | 2,03% | 5,38% |
| 23/04/2015 | 1,40% | R\$ 52.493,45   | 5,00% | 0,40% | 2,03% | 5,23% |
| 24/04/2015 | 1,40% | R\$ 52.579,07   | 4,99% | 0,40% | 2,04% | 5,06% |
| 27/04/2015 | 1,41% | R\$ 52.801,40   | 5,06% | 0,41% | 2,05% | 5,11% |
| 28/04/2015 | 1,41% | R\$ 52.800,93   | 5,07% | 0,41% | 2,05% | 5,12% |
| 29/04/2015 | 1,40% | R\$ 52.744,59   | 5,09% | 0,40% | 2,06% | 5,03% |
| 30/04/2015 | 1,39% | R\$ 52.172,71   | 5,00% | 0,44% | 2,04% | 5,13% |
| 04/05/2015 | 1,38% | R\$ 51.899,31   | 5,00% | 0,43% | 2,04% | 5,13% |
| 05/05/2015 | 1,37% | R\$ 51.718,36   | 4,99% | 0,40% | 2,03% | 4,82% |
| 06/05/2015 | 1,36% | R\$ 51.539,26   | 4,99% | 0,40% | 2,03% | 4,86% |
| 07/05/2015 | 1,36% | R\$ 51.439,67   | 4,99% | 0,40% | 2,03% | 4,88% |
| 08/05/2015 | 1,37% | R\$ 51.703,76   | 5,10% | 0,43% | 2,06% | 5,32% |
| 11/05/2015 | 1,36% | R\$ 51.369,49   | 5,05% | 0,40% | 2,05% | 4,48% |
| 12/05/2015 | 1,35% | R\$ 51.060,00   | 5,03% | 0,40% | 2,04% | 4,22% |
| 13/05/2015 | 1,35% | R\$ 51.091,12   | 5,05% | 0,38% | 2,04% | 3,98% |
| 14/05/2015 | 1,36% | R\$ 51.393,55   | 5,17% | 0,46% | 2,07% | 4,20% |
| 15/05/2015 | 1,36% | R\$ 51.596,81   | 5,25% | 0,45% | 2,08% | 3,96% |
| 18/05/2015 | 1,35% | R\$ 51.251,17   | 5,17% | 0,49% | 2,06% | 4,09% |
| 19/05/2015 | 1,35% | R\$ 51.244,10   | 5,15% | 0,48% | 2,06% | 4,01% |
| 20/05/2015 | 1,36% | R\$ 51.682,46   | 5,24% | 0,52% | 2,08% | 4,19% |
| 21/05/2015 | 1,37% | R\$ 51.855,24   | 5,26% | 0,47% | 2,08% | 4,20% |
| 22/05/2015 | 1,38% | R\$ 52.241,29   | 5,30% | 0,47% | 2,09% | 4,58% |
| 25/05/2015 | 1,37% | R\$ 52.120,27   | 5,24% | 0,48% | 2,07% | 4,71% |
| 26/05/2015 | 1,37% | R\$ 52.191,05   | 5,21% | 0,48% | 2,07% | 4,71% |
| 27/05/2015 | 1,37% | R\$ 52.103,44   | 5,15% | 0,49% | 2,06% | 4,65% |
| 28/05/2015 | 1,38% | R\$ 52.561,66   | 5,20% | 0,50% | 2,07% | 4,84% |

Tabela 28: Apêndice A2. Dados históricos dos modelos calculados para Banco do Brasil.

|            | BRADESCO |                 |       |       |       |        |
|------------|----------|-----------------|-------|-------|-------|--------|
|            | VaR      | VaR \$ Milhares | DV100 | T.E   | DVaR  | Dvol   |
| 31/03/2015 | 0,09%    | R\$ 32.627,66   | 6,29% | 0,59% | 1,36% | 9,31%  |
| 01/04/2015 | 0,09%    | R\$ 33.522,28   | 7,20% | 0,59% | 1,45% | 11,00% |
| 02/04/2015 | 0,20%    | R\$ 76.699,94   | 7,17% | 0,59% | 1,45% | 10,89% |
| 06/04/2015 | 0,21%    | R\$ 79.645,84   | 7,16% | 0,58% | 1,45% | 10,84% |
| 07/04/2015 | 0,21%    | R\$ 79.703,63   | 7,16% | 0,58% | 1,45% | 10,58% |
| 08/04/2015 | 0,21%    | R\$ 79.770,14   | 7,27% | 0,57% | 1,46% | 9,79%  |
| 09/04/2015 | 0,21%    | R\$ 80.431,37   | 7,17% | 0,54% | 1,45% | 9,74%  |
| 10/04/2015 | 0,22%    | R\$ 81.605,41   | 7,23% | 0,55% | 1,45% | 9,93%  |
| 13/04/2015 | 0,21%    | R\$ 80.922,20   | 7,14% | 0,55% | 1,45% | 9,09%  |
| 14/04/2015 | 0,22%    | R\$ 81.729,37   | 7,22% | 0,56% | 1,46% | 9,43%  |
| 15/04/2015 | 0,21%    | R\$ 81.499,18   | 7,20% | 0,56% | 1,45% | 9,43%  |
| 16/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.874,02   | 7,14% | 0,52% | 1,45% | 8,67%  |
| 17/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.995,16   | 7,10% | 0,52% | 1,44% | 8,58%  |
| 20/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.972,56   | 7,07% | 0,43% | 1,44% | 7,63%  |
| 22/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.981,81   | 7,08% | 0,40% | 1,44% | 7,62%  |
| 23/04/2015 | 0,22%    | R\$ 83.035,58   | 7,05% | 0,40% | 1,44% | 7,38%  |
| 24/04/2015 | 0,22%    | R\$ 83.081,46   | 7,01% | 0,40% | 1,43% | 7,11%  |
| 27/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.910,17   | 7,08% | 0,41% | 1,44% | 7,14%  |
| 28/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.802,85   | 7,02% | 0,42% | 1,44% | 7,09%  |
| 29/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.901,57   | 7,03% | 0,42% | 1,44% | 6,94%  |
| 30/04/2015 | 0,22%    | R\$ 82.020,19   | 6,92% | 0,45% | 1,43% | 7,10%  |
| 04/05/2015 | 0,15%    | R\$ 58.645,54   | 6,53% | 0,45% | 1,38% | 6,70%  |
| 05/05/2015 | 0,16%    | R\$ 58.844,72   | 6,55% | 0,44% | 1,39% | 6,33%  |
| 06/05/2015 | 0,15%    | R\$ 58.455,68   | 6,52% | 0,43% | 1,38% | 6,35%  |
| 07/05/2015 | 0,15%    | R\$ 58.107,88   | 6,50% | 0,43% | 1,38% | 6,36%  |
| 08/05/2015 | 0,15%    | R\$ 58.549,55   | 6,58% | 0,46% | 1,39% | 6,87%  |
| 11/05/2015 | 0,15%    | R\$ 58.255,60   | 6,52% | 0,45% | 1,38% | 5,77%  |
| 12/05/2015 | 0,16%    | R\$ 59.142,43   | 6,52% | 0,44% | 1,38% | 5,47%  |
| 13/05/2015 | 0,16%    | R\$ 59.099,22   | 6,53% | 0,42% | 1,38% | 5,16%  |
| 14/05/2015 | 0,16%    | R\$ 59.566,45   | 6,59% | 0,47% | 1,39% | 5,35%  |
| 15/05/2015 | 0,16%    | R\$ 59.793,44   | 6,62% | 0,44% | 1,39% | 4,99%  |
| 18/05/2015 | 0,15%    | R\$ 59.334,98   | 6,54% | 0,50% | 1,38% | 5,18%  |
| 19/05/2015 | 0,16%    | R\$ 59.946,15   | 6,56% | 0,50% | 1,39% | 5,10%  |
| 20/05/2015 | 0,16%    | R\$ 60.275,98   | 6,60% | 0,52% | 1,39% | 5,28%  |
| 21/05/2015 | 0,16%    | R\$ 60.578,63   | 6,60% | 0,50% | 1,39% | 5,27%  |
| 22/05/2015 | 0,16%    | R\$ 61.377,94   | 6,67% | 0,50% | 1,40% | 5,77%  |
| 25/05/2015 | 0,16%    | R\$ 61.622,02   | 6,60% | 0,52% | 1,39% | 5,94%  |
| 26/05/2015 | 0,16%    | R\$ 61.658,85   | 6,57% | 0,52% | 1,39% | 5,94%  |
| 27/05/2015 | 0,16%    | R\$ 62.460,29   | 6,55% | 0,52% | 1,38% | 5,91%  |
| 28/05/2015 | 0,16%    | R\$ 60.550,29   | 6,60% | 0,53% | 1,39% | 6,14%  |

Tabela 30: Apêndice A4. Dados históricos dos modelos calculados para Bradesco.

|            | ITAÚ  |                 |       |       |       |       |
|------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|            | VaR   | VaR \$ Milhares | DV100 | T.E   | DVaR  | Dvol  |
| 31/03/2015 | 1,36% | R\$ 5.035,98    | 1,49% | 0,00% | 1,05% | 2,20% |
| 01/04/2015 | 1,36% | R\$ 5.086,57    | 1,53% | 0,09% | 1,06% | 2,33% |
| 02/04/2015 | 1,36% | R\$ 5.104,22    | 1,52% | 0,12% | 1,06% | 2,30% |
| 06/04/2015 | 1,36% | R\$ 5.129,77    | 1,53% | 0,12% | 1,06% | 2,31% |
| 07/04/2015 | 1,36% | R\$ 5.111,69    | 1,53% | 0,12% | 1,06% | 2,25% |
| 08/04/2015 | 1,35% | R\$ 5.130,79    | 1,57% | 0,12% | 1,08% | 2,11% |
| 09/04/2015 | 1,35% | R\$ 5.105,82    | 1,56% | 0,12% | 1,08% | 2,13% |
| 10/04/2015 | 1,34% | R\$ 5.087,45    | 1,59% | 0,12% | 1,09% | 2,18% |
| 13/04/2015 | 1,33% | R\$ 5.061,49    | 1,58% | 0,12% | 1,09% | 2,02% |
| 14/04/2015 | 1,32% | R\$ 5.063,04    | 1,62% | 0,12% | 1,10% | 2,12% |
| 15/04/2015 | 1,31% | R\$ 5.053,08    | 1,64% | 0,12% | 1,11% | 2,15% |
| 16/04/2015 | 1,31% | R\$ 5.041,42    | 1,63% | 0,12% | 1,11% | 1,98% |
| 17/04/2015 | 1,33% | R\$ 5.122,03    | 1,62% | 0,12% | 1,11% | 1,95% |
| 20/04/2015 | 1,29% | R\$ 4.966,99    | 1,58% | 0,12% | 1,09% | 1,70% |
| 22/04/2015 | 1,29% | R\$ 4.969,53    | 1,58% | 0,12% | 1,09% | 1,70% |
| 23/04/2015 | 1,30% | R\$ 5.017,29    | 1,58% | 0,12% | 1,09% | 1,65% |
| 24/04/2015 | 1,29% | R\$ 4.966,78    | 1,58% | 0,12% | 1,09% | 1,60% |
| 27/04/2015 | 1,30% | R\$ 5.055,93    | 1,60% | 0,12% | 1,10% | 1,61% |
| 28/04/2015 | 1,28% | R\$ 4.973,09    | 1,59% | 0,12% | 1,10% | 1,61% |
| 29/04/2015 | 1,27% | R\$ 4.968,58    | 1,61% | 0,12% | 1,10% | 1,59% |
| 30/04/2015 | 1,28% | R\$ 4.978,80    | 1,59% | 0,12% | 1,10% | 1,63% |
| 04/05/2015 | 1,14% | R\$ 4.434,60    | 1,60% | 0,12% | 1,10% | 1,64% |
| 05/05/2015 | 1,15% | R\$ 4.458,13    | 1,60% | 0,09% | 1,10% | 1,55% |
| 06/05/2015 | 1,15% | R\$ 4.483,40    | 1,61% | 0,00% | 1,10% | 1,57% |
| 07/05/2015 | 1,16% | R\$ 4.506,21    | 1,61% | 0,00% | 1,10% | 1,57% |
| 08/05/2015 | 1,16% | R\$ 4.566,54    | 1,65% | 0,00% | 1,12% | 1,72% |
| 11/05/2015 | 1,17% | R\$ 4.574,41    | 1,64% | 0,00% | 1,11% | 1,45% |
| 12/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.592,41    | 1,63% | 0,00% | 1,11% | 1,37% |
| 13/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.625,11    | 1,64% | 0,00% | 1,11% | 1,29% |
| 14/05/2015 | 1,19% | R\$ 4.701,11    | 1,70% | 0,00% | 1,13% | 1,38% |
| 15/05/2015 | 1,17% | R\$ 4.673,18    | 1,74% | 0,00% | 1,14% | 1,31% |
| 18/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.653,33    | 1,71% | 0,00% | 1,13% | 1,35% |
| 19/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.663,22    | 1,71% | 0,00% | 1,13% | 1,33% |
| 20/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.714,70    | 1,75% | 0,00% | 1,14% | 1,40% |
| 21/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.727,28    | 1,75% | 0,00% | 1,14% | 1,40% |
| 22/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.748,58    | 1,77% | 0,00% | 1,15% | 1,53% |
| 25/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.742,22    | 1,75% | 0,00% | 1,14% | 1,58% |
| 26/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.737,63    | 1,73% | 0,00% | 1,14% | 1,57% |
| 27/05/2015 | 1,18% | R\$ 4.727,51    | 1,71% | 0,00% | 1,13% | 1,54% |
| 28/05/2015 | 1,19% | R\$ 4.753,98    | 1,73% | 0,00% | 1,14% | 1,61% |

Tabela 32: Apêndice A6. Dados históricos dos modelos calculados para Itaú.

| Fundo BRADESCO |            |         | PL R\$ 36.831.747 |               |       |      |
|----------------|------------|---------|-------------------|---------------|-------|------|
| LTN            | Quantidade | PU      | Pesos             | Financeiro    | DV100 | DVol |
| abr-15         | 1.000      | R\$ 981 | 2,66%             | R\$ 980.734   | 2     | 2    |
| jul-15         | 1.200      | R\$ 953 | 3,10%             | R\$ 1.143.367 | 4     | 4    |
| jan-16         | 5.270      | R\$ 896 | 12,82%            | R\$ 4.722.101 | 8     | 8    |
| jul-16         | 1.000      | R\$ 844 | 2,29%             | R\$ 844.447   | 11    | 12   |
| jan-17         | 2.000      | R\$ 798 | 4,34%             | R\$ 1.596.757 | 14    | 15   |

| NTN-F  | Quantidade | PU        | Pesos | Financeiro    | DV100 | DVol |
|--------|------------|-----------|-------|---------------|-------|------|
| jan-15 | 190        | R\$ 1.048 | 0,54% | R\$ 199.099   | 0     | 0    |
| jan-17 | 3.030      | R\$ 969   | 7,97% | R\$ 2.936.094 | 15    | 16   |
| jan-19 | 400        | R\$ 947   | 1,03% | R\$ 378.732   | 28    | 30   |
| jan-21 | 1.980      | R\$ 929   | 4,99% | R\$ 1.838.996 | 37    | 40   |
| jan-23 | 2.219      | R\$ 915   | 5,51% | R\$ 2.030.080 | 45    | 48   |

| DI     | Quantidade | PU          | Pesos   | Financeiro     | DV100 | DVol  |
|--------|------------|-------------|---------|----------------|-------|-------|
| abr-15 | 49         | -R\$ 95.377 | -12,69% | -R\$ 4.673.483 | 148   | 160   |
| jul-15 | 9          | -R\$ 95.290 | -2,33%  | -R\$ 857.606   | 366   | 395   |
| out-15 | 14         | -R\$ 92.322 | -3,51%  | -R\$ 1.292.513 | 569   | 613   |
| jan-16 | 3          | -R\$ 89.561 | -0,73%  | -R\$ 268.684   | 763   | 822   |
| abr-16 | 15         | -R\$ 86.992 | -3,54%  | -R\$ 1.304.873 | 937   | 1.010 |
| jul-16 | 21         | -R\$ 84.478 | -4,82%  | -R\$ 1.774.042 | 1.103 | 1.189 |
| out-16 | 17         | -R\$ 82.006 | -3,79%  | -R\$ 1.394.102 | 1.263 | 1.361 |
| jan-17 | 13         | -R\$ 79.843 | -2,82%  | -R\$ 1.037.953 | 1.414 | 1.524 |
| jul-17 | 10         | -R\$ 75.527 | -2,05%  | -R\$ 755.275   | 1.686 | 1.817 |
| jan-18 | 37         | -R\$ 71.519 | -7,18%  | -R\$ 2.646.193 | 1.929 | 2.080 |
| jul-18 | 28         | -R\$ 67.627 | -5,14%  | -R\$ 1.893.550 | 2.133 | 2.299 |
| jan-19 | 1          | -R\$ 63.972 | -0,17%  | -R\$ 63.972    | 2.318 | 2.498 |
| jan-21 | 9          | -R\$ 51.553 | -1,26%  | -R\$ 463.974   | 2.828 | 3.049 |
| jan-23 | 6          | -R\$ 41.382 | -0,67%  | -R\$ 248.294   | 3.035 | 3.272 |
| jan-25 | 23         | -R\$ 33.187 | -2,07%  | -R\$ 763.296   | 3.051 | 3.289 |

Tabela 35: Apêndice B3. Ativos do Fundo do Banco do Bradesco em 30/01/2015.