



MS777 - Projeto Supervisionado  
Modelagem Matemática para o cálculo do Value at Risk (Var)  
para a mensuração de risco no Mercado Financeiro

Jaqueline Jana da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Laércio Luis Vendite

13 de junho de 2016

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Análise de investimentos</b>	<b>5</b>
3.1	Certificados de Depósitos Bancários - CDB . . . . .	5
3.2	Fundos de aplicações de curto prazo . . . . .	6
3.3	Certificados de Depósitos Bancários com correção monetária pós-fixada . . . . .	6
3.4	Caderneta de Poupança . . . . .	6
3.5	Debêntures . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conceitos estatísticos</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Riscos</b>	<b>7</b>
5.1	O que é Risco? . . . . .	7
5.2	<i>Riscos Financeiros</i> . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Classificação de risco financeiro</b>	<b>9</b>
6.1	<i>Risco de Mercado</i> . . . . .	9
6.2	<i>Risco de Crédito</i> . . . . .	9
6.3	<i>Risco Operacional</i> . . . . .	9
6.4	<i>Riscos Legais</i> . . . . .	9
<b>7</b>	<b>VaR - Value at Risk</b>	<b>10</b>
7.1	<i>Modelo Delta-normal</i> . . . . .	10
7.2	<i>Simulação Histórica</i> . . . . .	10
7.3	<i>Simulação de Monte Carlo</i> . . . . .	11
<b>8</b>	<b>Conclusão</b>	<b>11</b>

# 1 Introdução

Três conceitos importantes quando investindo no mercado financeiro são: retorno, incerteza e risco.

Retorno pode ser entendido como a apreciação de capital ao final do horizonte de investimento. Infelizmente, existem incertezas associadas ao retorno que efetivamente será obtido ao final do período de investimento. Qualquer medida numérica desta incerteza pode ser chamada de risco.

Os órgãos reguladores das instituições financeiras, cuja preocupação é a saúde do sistema financeiro, esperam que elas sejam capazes de honrar seus compromissos mesmo em situações de crise e por isso determinam que reservem capital suficiente para cobrir perdas em tais situações, com base no risco associado a cada instituição.

Além dos modelos para determinação desta reserva de capital, as instituições financeiras mantêm modelo interno de análise de risco de mercado, sendo a metodologia de Value at risk (VaR) a mais difundida. Para este estudo algumas definições são importantes:

## *Riscos Financeiros*

Risco está presente em qualquer operação no mercado financeiro. Risco é um conceito “multidimensional” que cobre quatro grandes grupos: risco de mercado, risco operacional, risco de crédito e risco legal.

Risco não é um conceito novo. A Moderna Teoria das Carteiras, que se originou do trabalho pioneiro de Markowitz, já existe por mais de quatro décadas. Esta teoria está baseada nos conceitos de retorno e risco. Risco assumiu sua justa posição de destaque somente mais recentemente, seguindo-se a escândalos internacionais como os do Barings Bank, ProcterGamble, Bankers Trust, Gibson Greetings, Orange County, Metallgesellschaft, etc. Na maioria destes casos o conceito de risco esteve ligado a derivativos<sup>1</sup> de forma propositalmente tendenciosa. A verdade é que derivativos podem ser usados tanto para fins de alavancagem (aumentando o risco), quanto para fins de hedge (diminuindo o risco). A seguir apresentamos alguns tipos de riscos e suas características:

## *Riscos de Mercado*

Risco de Mercado depende do comportamento do preço do ativo diante das condições de mercado. Para entender e medir possíveis perdas devido às flutuações do mercado é importante identificar e quantificar o mais corretamente possível as volatilidades e correlações dos fatores que impactam a dinâmica do preço do ativo. Risco de mercado pode ser dividido em quatro grandes áreas: risco do mercado acionário, risco do mercado de câmbio, risco do mercado de juros e risco do mercado de commodities. É possível que alguns instrumentos tenham seus riscos considerados separadamente dentro das quatro áreas acima. Por exemplo, quando consideramos um contrato futuro no IBOVESPA negociado na BMF temos dois tipos de risco:

- a) Risco do mercado acionário, que pode ser aproximado por um fator de mercado como o IBOVESPA.
- b) Risco do mercado de juros, que pode ser aproximado por um grupo de fatores de mercado relacionados à estrutura a termo dos juros brasileiros.

---

<sup>1</sup>Derivativos são instrumentos cujo objetivo consistem em gerenciar o risco financeiro adequadamente. Referência [2].

### ***Risco Operacional***

Risco operacional está relacionado a possíveis perdas como resultado de sistemas e/ou controles inadequados, falhas de gerenciamento e erros humanos.

Risco operacional pode ser dividido em três grandes áreas:

- a) Risco organizacional está relacionado com uma organização ineficiente, administração inconsistente e sem objetivos de longo prazo bem definidos, fluxo de informações internos e externos deficientes, responsabilidades mal definidas, fraudes, acesso a informações internas por parte de concorrentes, etc.
- b) O Risco de operações está relacionado com problemas como overloads de sistemas (telefonia, elétrico, computacional, etc.), processamento e armazenamento de dados passíveis de fraudes e erros, confirmações incorretas ou sem verificação criteriosa, etc.
- c) Risco de pessoal está relacionado com problemas como empregados não qualificados e/ou pouco motivados, personalidade fraca, falsa ambição, “carreiristas”, etc.

### ***Risco de Crédito***

Risco de crédito está relacionado a possíveis perdas quando um dos contratantes não honra seus compromissos. As perdas aqui estão relacionadas aos recursos que não mais serão recebidos. Risco de crédito pode ser dividido em três grupos:

- a) Risco do país, como no caso das moratórias de países latino-americanos.
- b) Risco político, quando existem restrições ao fluxo livre de capitais entre países, estados, municípios, etc. Este pode ser originário de golpes militares, novas políticas econômicas, resultados de novas eleições, etc.
- c) Risco da falta de pagamento, quando uma das partes em um contrato não pode mais honrar seus compromissos assumidos.

### ***VaR (Value at Risk)***

O Value-at-Risk (VaR ou Valor no Risco) é uma ferramenta cada vez mais usada pelo mercado financeiro que resume, em um único número, a exposição total ao risco de uma carteira, empresa ou instituição financeira. Segundo JORION (1998), "o VaR sintetiza a maior (ou pior) perda esperada dentro de determinados períodos de tempo e intervalos de confiança". Partindo desse conceito, vemos que os primeiros passos para o cálculo do VaR envolvem a escolha do horizonte de tempo e do nível de confiança. Quanto menor o intervalo de tempo escolhido, mais antecipadas tendem a ser as detecções de problemas, embora sejam maiores os custos de acompanhamento.

No que se refere ao nível de confiança não existem regras específicas, mas ele normalmente varia entre 95% e 99% de acordo com o grau de aversão ao risco. Com base em fundamentos científicos, fornece aos usuários uma medida contundente do risco de mercado. Por exemplo, um banco poderá informar que o VaR diário de sua carteira é de U\$ 100 milhões, ao nível de confiança de 99%, isto é, há apenas uma oportunidade em 100, sob condições normais de mercado, de ocorrência de prejuízo superior a U\$ 100 milhões. Esse único valor resume a exposição do banco ao risco de mercado,

assim como a chance de uma oscilação contrária. Além disso ele mede o risco utilizando a mesma unidade de moeda de resultado do banco, ou seja, dólares. Assim sendo tem-se um parâmetro para os acionistas verificarem se este nível de risco é aceitável ou não. Em caso de não aceitação, o mesmo processo que conduziu ao cálculo do VaR pode ser utilizado para a decisão de onde reduzir o risco.

Podem-se distinguir vários métodos diferentes de medir o VAR. No nível mais fundamental, eles se dividem em métodos de avaliação local (ou analítica) e métodos de avaliação plena. Essa separação reflete uma troca entre velocidade de processamento e precisão da avaliação.

Os modelos que usam o delta podem utilizar parâmetros baseados em dados históricos, como os implementados pelo RiskMetrics (da J. P. Morgan), ou em dados implícitos, onde as volatilidades são derivadas de opções. As duas metodologias geram uma matriz de covariância, a qual se aplica o delta, ou as posições lineares, para se encontrar o VaR da carteira. Entre os modelos de avaliação plena, o de implementação mais fácil é a simulação histórica. Ela baseia-se em dados históricos, avaliando a carteira atual sob os preços vigentes em diversas datas passadas. Finalmente, o modelo mais completo, cuja implementação é também a mais difícil, é a simulação de Monte Carlo.

## 2 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho foi de estudarmos métodos para obtenção do VaR (Value at Risk), suas aplicações, vantagens e desvantagens.

Inicialmente, estudamos as principais modalidades de aplicação no Mercado Financeiro Nacional e assim obtivemos uma forma de analisá-las. Conceitos estatísticos, que serviram para a mensuração do VaR, foram estudados e dessa maneira estabelecemos uma metodologia de como caracterizar riscos de variáveis financeiras básicas, como taxa de juros, taxas de câmbio e preço de ações. A seguir, passamos para o cálculo formal do VaR, encontrando como estimar este valor a partir de um distribuição normal ou uma distribuição geral, e aprofundando no Modelo Delta-Normal.

## 3 Análise de investimentos

Há várias aplicações financeiras de renda fixa existentes no Brasil. Seleccionamos as principais aplicações para serem apresentadas, sendo-as classificadas em operações com correção monetária prefixada ou pós-fixada:

*Prefixadas* - Certificados de Depósitos Bancários (CDB) e Fundos de Aplicações de Curto Prazo.

*Pós-fixadas* - Certificados de Depósitos Bancários, Cadernetas de Poupança e Debêntures.

Salientamos que essas modalidades, assim como as sistemáticas de impostos, dependem da política fiscal vigente. Sendo assim, recomendasse a atualização constante sobre a legislação. A tendência é que deixem de existir as modalidades pós-fixadas com a estabilidade econômica e monetária.

Os conceitos a serem apresentados foram retirados da referência [1].

### 3.1 Certificados de Depósitos Bancários - CDB

Certificados de Depósitos Bancários são títulos emitidos por bancos destinados a acumular recursos para financiamentos em geral, sendo que a sistemática mais usual é a do título com renda final, onde

incide uma taxa de juros global exponencial, referida a 360 dias e deságio <sup>2</sup>.

Os prazos mínimos variam desde 30 dias a 180 dias, dependendo da política monetária momentânea. O imposto de renda incide sobre os ganhos nominais, com alíquotas variando entre 10% e 20%, dependendo da política fiscal momentânea.

### **3.2 Fundos de aplicações de curto prazo**

As aplicações em fundos de Renda fixa podem ser realizadas por pessoas físicas ou jurídicas através de bancos comerciais e estão embasadas em títulos da dívida pública e títulos privados.

As aplicações de curto prazo são aplicações de um dia útil. A taxa é referida em base diária útil e as aplicações só ocorrem nos dias úteis, sendo que sexta, sábado e domingo valem como um dia útil apenas, de modo que na prática se pode aplicar, em média 22 dias por mês. O Imposto de Renda incide na fonte sobre o rendimento nominal <sup>3</sup>.

### **3.3 Certificados de Depósitos Bancários com correção monetária pós-fixada**

Em termos de finalidade e órgãos emissores, estes títulos são análogos a seus similares com correção prefixada. A diferença está na forma como se calcula o rendimento.

As entidades financeiras aplicam sobre o valor nominal do título uma taxa exponencial referida a 360 dias, composta com a correção monetária calculada em função de um indexador, como por exemplo o IGPM <sup>4</sup> ou TR <sup>5</sup>, entre as datas de emissão e resgate, além de proporcionarem deságios. Os prazos usuais são de até um ano, e a modalidade mais comum é a de renda única final. O Imposto de Renda é cobrado na fonte sobre o deságio e sobre os juros.

### **3.4 Caderneta de Poupança**

Sendo a modalidade de aplicação mais difundida no país, a caderneta de poupança rende, em suas aplicações, 6%a.a. de juros nominais, com capitalização mensal e correção monetária com base na TR. As movimentações são livres, porém o rendimento total só é obtido com retiradas nas datas de aniversário da aplicação.

### **3.5 Debêntures**

Debêntures são títulos privados emitidos por empresas para custear seus investimentos e operações, sendo que a emissão pode ser fechada aos acionistas ou aberta ao público.

No caso de lançamento aberto, as debêntures podem ser conversíveis ou não em ações, e caso haja conversão, uma fórmula previamente deve ser ajustada para tal seguindo a regulamentação de CVM (Comissão de Valores Mobiliários).

No caso de lançamento privado, a empresa tem liberdade em fixar os prazos e rendimentos. A flexibilidade comparada a financiamentos é bem maior, visto que a empresa tem certa liberdade para administrar suas dívidas.

---

<sup>2</sup>Depreciação do valor nominal de um título ou do preço de uma mercadoria em relação ao seu valor de mercado.

<sup>3</sup>Rendimento nominal é o conjunto de ganhos conseguidos em uma operação sem descontar a inflação durante o período do investimento.

<sup>4</sup>Índice Geral de Preços a Preços de Mercado

<sup>5</sup>Taxa Referencial

## 4 Conceitos estatísticos

Após uma breve citação das principais modalidades de aplicação presentes no Brasil, vamos passar para alguns conceitos estatísticos importantes e que serão úteis para o entendimento posterior do cálculo do VaR, nosso foco neste trabalho.

A Covariância entre  $x$  e  $y$ , denotada por  $Cov(x,y)$ , é definida por:

$$Cov(x, y) = E[(x - E[x])(y - E[y])] \quad (1)$$

onde,

$$E[x] = \sum_x xP[X = x] \quad (2)$$

A variância de  $x$ , denotada como  $Var(x)$ , é definida por:

$$Var(x) = E[x^2] - (E[x])^2 \quad (3)$$

Note que, nesse caso, estamos nos referindo a variância de uma variável e não ao VaR (Value at Risk). A variância (Var) é o segundo momento de uma distribuição de frequências, tomando como origem a média.

Podemos, também, definir a matriz de variância-covariância  $\Gamma$  da seguinte forma:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} \sigma_{1,1}^2 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,m} \\ \sigma_{2,1} & \sigma_{2,2}^2 & \cdots & \sigma_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n,1} & \sigma_{n,2} & \cdots & \sigma_{n,m}^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Quando se tratar de uma distribuição normal, temos que  $Var = \sigma^2 = 1$ , logo podemos reescrever a matriz  $\Gamma$ , conforme abaixo:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 1 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,m} \\ \sigma_{2,1} & 1 & \cdots & \sigma_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n,1} & \sigma_{n,2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

As fórmulas e definições citadas foram retiradas da referência [3].

## 5 Riscos

### 5.1 O que é Risco?

Embora o termo *risco* na linguagem moderna signifique "perigo de perda", a teoria de finanças o define como "dispersão de resultados inesperados, devido a oscilações nas variáveis financeiras".

Assim, os desvios positivos e negativos devem ser vistos como fontes de risco.

Para a mensuração formal do risco, deve-se primeiramente definir a variável de interesse, que pode ser o valor de uma carteira, os ganhos, o capital ou determinado fluxo de caixa. Os riscos financeiros são criados pelos efeitos de fatores financeiros sobre essa variável.

*Risco* pode ser definido como a volatilidade de resultados inesperados, normalmente relacionada ao valor de ativos ou passivos de interesse. Os riscos que a empresas são expostas podem ser divididos em estratégicos e não-estratégicos, onde o primeiro está relacionado ao setor da economia em que a empresa atua e inclui inovações tecnológicas, desenho de produtos e marketing, sendo tal risco assumido voluntariamente a fim de criar vantagem competitiva e valorizar a empresa perante seus acionistas. O segundo, risco não-estratégico, inclui os riscos fundamentais que resultam de mudanças essenciais no cenário econômico ou político, sendo que a empresa não possa o controlar.

## 5.2 *Riscos Financeiros*

Os riscos financeiros estão ligados a possíveis perdas no mercado financeiro. A exposição a tais riscos pode ser otimizada cautelosamente, sendo que a função principal das instituições financeiras é gerir esses riscos ativamente, com o objetivo de assumir, intermediar ou oferecer conselhos sobre riscos financeiros.

Em finanças, o risco é a medida do desvio dos resultados reais obtidos em relação ao resultado esperado devido às alterações nas variáveis financeiras.

A gestão de risco permite que seja possível administrar os riscos que a instituição assume, com certo limite para seu controle. A queda do Barings Public Limited Company (Barings PLC), conhecido popularmente como Banco da Rainha, e o escândalo da Daiwa Bank, entre outros casos, são exemplos da má gestão de risco da administração.

Na tabela abaixo, prejuízos devido a má administração de derivativos e de seus operadores, como no caso do Iguchi, operador do Daiwa Bank que chegou a ter uma média de perda de US\$ 400,00 mil ao dia útil durante 11 anos, é mostrado:

Corporações	Data	Instrumento	Perda (Bilhões de US\$)
Condado de Orange, Califórnia	Dez. 94	Acordos de recompra	1,81
Showa Shell Sekiyu, Japão	Fev. 93	Termos de moeda	1,58
Kashima Oil, Japão	Abr. 94	Termos de moeda	1,45
Metallgesellschaft, Alemanha	Jan. 94	Futuro de petróleo	1,34
Barings, Reino Unido	Fev. 95	Futuros de índice de ações	1,33
Ashanti, Gana	Out. 99	Exóticas de ouro	0,57

Tabela 1: Perdas atribuídas aos Derivativos, dentre os anos de 1993 e 1999. Referência [2].



## 6 Classificação de risco financeiro

Podemos classificar os riscos financeiros em risco de mercado, risco de crédito, risco operacional e riscos legais.

### 6.1 *Risco de Mercado*

É oriundo de movimentos nos níveis ou nas volatilidades dos preços de mercado. Ferramentas, como o VaR, atualmente permitem que os usuários quantifiquem esse risco de uma maneira sistemática.

Há dois tipos de risco de mercado:

- a) *Risco Absoluto* - Mensurado pela perda de potencial em dólares, e focando na volatilidade dos retornos totais.
- b) *Risco Relativo* - Está relacionado a um índice de referência, e mede o risco em termos do desvio em relação ao índice.

O risco de mercado é controlado por limites nocionais, de exposições, de medidas de Var e por meio de supervisão independente pelos gestores de risco.

### 6.2 *Risco de Crédito*

O *risco de créditos* surge quando as contrapartes não desejam ou não são capazes de cumprir suas obrigações contratuais. Seu efeito é medido pelo custo de reposição dos fluxos de caixa, caso a outra parte fique inadimplente. Essa perda engloba a *exposição*, ou montante em risco, e a *taxa de recuperação*, definida como o montante pago ao credor, geralmente medida em termos de "centavo de dólar".

De modo geral, o *risco de crédito* deveria ser definido como perdas potenciais em valores marcados a mercado, que seriam incorridas caso houvesse um *evento de crédito*, sendo que tal evento ocorre quando há mudanças na capacidade da contraparte em honrar suas obrigações.

Debêntures, empréstimos e derivativos possuem exposição a risco de crédito.

O *risco soberano* está incluso no risco de crédito, sendo que o mesmo aplica-se exclusivamente a países.

### 6.3 *Risco Operacional*

Podemos defini-lo como sendo aquele oriundo de erros humanos, tecnológicos ou de acidentes, incluindo fraudes, falhas de gerência e controles, e de procedimentos inadequados. Erros técnicos podem ser causados por interrupções de informações, por processamento inadequado de transações, por sistemas de liquidação e, de maneira geral, por qualquer problema relacionado com o registro das transações e a conciliação das operações individuais com a posição agregada da empresa.

O risco operacional pode resultar em risco de crédito e de mercado.

### 6.4 *Riscos Legais*

São riscos controlados por meio de políticas desenvolvidas pelo departamento jurídico da instituição em conjunto com os gerentes de risco e a gerência sênior. A instituição deve se assegurar que acordos entre contrapartes possam se cumprir antes que o negócio seja consumado.

## 7 VaR - Value at Risk

VaR é uma metodologia de avaliação de risco proposta pelo Banco J.P. Morgan em 1994. Corresponde a um valor monetário de perda a que uma carteira está sujeita, em relação a um determinado nível de confiança e dentro de um horizonte de tempo.

De modo formal, o VaR descreve o percentil da distribuição de retornos projetada sobre um horizonte de tempo estipulado. Se  $c$  for o nível de confiança selecionado, o VaR corresponde à  $(1-c)$  percentil da distribuição.

Inicialmente, foi desenvolvido com o intuito de mensurar o risco de mercado. Tomando como base fundamentos científicos, fornece aos usuários uma medida concisa do risco de mercado. Com o desenvolvimento de novos instrumentos financeiros e através de ferramentas analíticas para a administração dos riscos, o VaR tende a se desenvolver e a mensurar outros tipos de riscos.

A partir da hipótese que o perfil do risco permanece constante e através de distribuições de probabilidade, mensuramos o VaR de duas formas: através da distribuição por meio de uma curva normal, sendo o VaR calculado a partir do desvio-padrão, ou pela distribuição empírica que se baseia em observações obtidas por experimentos aleatórios.

Métodos de avaliação local ou analítica, e métodos de avaliação plena, buscam medir o VaR levando em conta as potenciais mudanças e movimentos de mercado. Modelos que utilizam a avaliação local medem o risco e a posição da carteira através de derivadas locais, sendo o modelo Delta-normal o mais utilizado. A utilização da avaliação plena busca inferir possíveis movimentos na medição do risco, avaliando por inteiro a carteira, por vastos cenários. Os métodos de simulação histórica e simulação de Monte Carlo, implementam a avaliação plena.

### 7.1 Modelo Delta-normal

Se a carteira fosse composta somente de ativos com distribuição conjunta normal, a mensuração do VaR seria relativamente simples. O problema é que o VaR tem de ser medido para carteiras grandes e complexas que evoluem ao longo do tempo. O método Delta-normal torna o processo mais simples.

Especificando uma lista de fatores de risco junto ao mapeamento da exposição linear de todos os instrumentos da carteira nesses fatores, além de agregar essas exposições para todos os instrumentos e estimando a matriz de covariância dos fatores de risco, podemos calcular o risco total da carteira.

Esse mapeamento fornece, para todos os instrumentos, um conjunto de exposições  $x_{i,t}$  em dólares para cada fator de risco. O VaR da carteira pode ser calculado da seguinte forma:

$$VaR = \alpha \sqrt{x_t' \Gamma x_t} \quad (6)$$

onde  $\Gamma$  é a matriz de variância-covariância.

### 7.2 Simulação Histórica

O método de simulação histórica fornece uma implementação direta da avaliação plena. Consiste em recuar no tempo, e aplicar a ponderação vigente dos ativos a uma série temporal de seus retornos históricos.

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,k} \quad (7)$$

onde  $k = 1, 2, \dots, t$

Note que os pesos  $w_t$  são mantidos iguais a seus valores correntes. O retorno não representa uma carteira real, mas constrói o histórico de uma carteira hipotética, utilizando a posição atual. A abordagem é, as vezes, chamada de *bootstrapping*, pois implica o uso da atual distribuição de dados históricos recentes (sem reposição).

De modo geral, a avaliação plena requer um conjunto completo de preços, como curvas de juros, em vez de apenas retornos. Preços futuros hipotéticos para o cenário  $k$  são obtidos aplicando, no nível atual de preços, as mudanças históricas dos preços:

$$S_{i,k}^* = S_{i,0} + \Delta S_{i,k}, i = 1, \dots, N \quad (8)$$

O VaR é obtido a partir da distribuição de retornos hipotéticos, onde se atribui a cada cenário histórico o mesmo peso ( $1/t$ ).

A escolha do período amostral reflete a troca entre o uso de amostras de tamanhos maiores ou menores. Intervalos mais longos aumentam a precisão das estimativas, mas podem conter dados irrelevantes e deixar de detectar mudanças importantes no processo subjacente.

### 7.3 Simulação de Monte Carlo

Há semelhanças no método de Monte Carlo com o método de simulação histórica, citado anteriormente, exceto pelo fato de as mudanças hipotéticas nos preços  $\Delta S_i$  para o ativo, na equação (8), serem geradas por meio de amostragem aleatória de um processo estocástico.

## 8 Conclusão

Esta é uma prévia do trabalho que está sendo estudado no momento.

Por se tratar de um trabalho em andamento, qualquer conclusão pode ser considerada precipitada. Porém, visto que o cálculo do VaR utilizando o Método Delta-Normal é baseado em uma distribuição normal padrão, podemos ter *caudas pesadas* ou grossas, sendo assim teremos problemas ao analisar a cauda esquerda, por onde é estimado o VaR. Logo, nesse caso, devemos fazer um ajuste em termos das variações do risco ao longo do tempo.

Entretanto, mesmo após ajustes o método não certamente estará nos fornecendo valores adequados, sendo assim, a utilização de outros métodos podem nos auxiliar melhor.

O método Delta-Normal possui uma fácil implementação, o que o faz, ao meu modo de ver, um método de fácil compreensão, porém necessita do cálculo da matriz de variância-covariância. Já o método de Simulação Histórica, além de ser de fácil implementação, não necessita do cálculo da matriz, porém se baseia que há um histórico suficiente grande de mudanças de preços para ser usado nos cálculos, o que não necessariamente existe para alguns ativos.

Agora, o Método de Monte Carlo possui um custo computacional muito maior que os outros 2 métodos, visto que o mesmo necessita de modelos estocásticos, onde há variáveis aleatórias, sendo então um modelo as vezes inadequado.

Assim, para diferentes cenários, cada método se ajusta melhor. Logo, continuaremos nosso estudo para estimar qual método se enquadra melhor em qual tipo de cenário, evitando assim maiores erros na mensuração do VaR.

## Referências

- [1] Casarotto e Kopittke. *Análise de Investimentos*. Editora Atlas, 11ed. 2010.
- [2] Philippe JORION. *Value at Risk*. BMF, 2ed. 2003.
- [3] Sheldon Ross. *Probabilidade - Um curso moderno com aplicações*. bookman, 8ed. 2010.