

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MBA EM FINANÇAS E GESTÃO DE RISCO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DO RISCO FINANCEIRO EM UMA
CARTEIRA DE RENDA VARIÁVEL ATRAVÉS DO
VALUE AT RISK (VaR)**

RODRIGO SILVA GOMES
Matrícula nº: 112147990

ORIENTADOR: Prof. Manuel Alcino Ribeiro da Fonseca

MARÇO 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MBA EM FINANÇAS E GESTÃO DE RISCO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DO RISCO FINANCEIRO EM UMA
CARTEIRA DE RENDA VARIÁVEL ATRAVÉS DO
VALUE AT RISK (VaR)**

RODRIGO SILVA GOMES
Matrícula nº: 112147990

ORIENTADOR: Prof. Manuel Alcino Ribeiro da Fonseca

MARÇO 2015

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(a) autor(a).

|

Dedico este trabalho aos meus pais, que tanto contribuíram para a minha formação, através de uma estrutura familiar primorosa de muito amor, ternura e incentivos. Dedico também aos professores, colegas de turma e colegas de trabalho que enriqueceram minha vida profissional, com sabedoria e capacitação, ensinando a cada dia técnicas e procedimentos para que eu possa me tornar cada vez mais um profissional melhor qualificado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos membros do corpo Docente do MBA em Finanças e Gestão de Risco pelo ensino de qualidade e por todo aprendizado proporcionado durante o curso;

Agradeço ao Prof. Manuel Alcino, por sua disponibilidade na orientação para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso e pelo apoio dado em diversos momentos desse MBA;

Agradeço a Deus, por proporcionar a realização desta caminhada e por ser toda referência espiritual na minha vida.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é analisar o sistema de gestão de risco financeiro conhecido como *Value at Risk* (VaR), especialmente sua aplicabilidade no Brasil, através de um exemplo prático. O método VaR permite calcular, supondo condições “normais” de mercado, a perda que não será excedida com certo nível de confiança em período previamente especificado. De acordo com essas proposições, o trabalho buscará desenvolver um exemplo prático, no qual, aplicará o método do VaR em uma carteira composta por cinco ativos da Bovespa, com observações correspondentes ao período 01/07/2012 a 30/06/2013. Esse período, na bolsa brasileira, foi marcado por forte volatilidade, além de tendência geral de redução do Ibovespa. O critério utilizado para a seleção dos ativos foi o maior valor de negociações para o ano de 2013. Utilizando métodos paramétricos e não paramétricos, o trabalho calcula o VaR da carteira em base diária, realizando os devidos comentários em cada resultado e os avaliando através de *backtesting* para saber, após os fatos terem acontecido, se o modelo é adequado considerando dados reais.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO I – CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE GESTÃO DE RISCO FINANCEIRO	10
I.1 - CONCEITOS DE GESTÃO DE RISCO.....	10
I.2 - O PROCESSO DE GESTÃO DE RISCO	11
I.3 - GESTÃO DE RISCO NO BRASIL E NO MUNDO	13
I.4 – CÁLCULO DO VAR PELO MÉTODO HISTÓRICO.....	14
I.5 – CÁLCULO DO VAR PELO MÉTODO DE VARIÂNCIAS-COVARIÂNCIAS.....	15
I.6 – CÁLCULO DO VAR PELO MÉTODO DE DE MONTE CARLO	16
CAPÍTULO II - COMPOSIÇÃO DA CARTEIRA E METODOLOGIA APLICADA	17
II.1 – SELEÇÃO DOS ATIVOS	17
II.2 – DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE DO VAR	18
II.3 – CARACTERÍSTICA DA CARTEIRA TEÓRICA	18
<i>II.3.1- Informações complementares.....</i>	<i>19</i>
CAPÍTULO III - RESULTADOS EMPÍRICOS: SIMULAÇÕES DO VAR.....	20
III.1 – CÁLCULO DO VAR PELO MÉTODO PARAMÉTRICO	20
III.2 – CÁLCULO DO VAR PELO MÉTODO HISTÓRICO	21
III.3 – AVALIAÇÃO DO RESULTADO DO VAR: BACKTESTING.....	21
CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
ANEXO 1	25
ANEXO 2	26
ANEXO 3	27
<i>Vale (VALE5)</i>	<i>27</i>
<i>Petrobras (PETR4).....</i>	<i>27</i>
<i>Itaú Unibanco (ITUB4)</i>	<i>28</i>
<i>Bradesco (BBDC4).....</i>	<i>29</i>
<i>Banco do Brasil (BBAS3)</i>	<i>30</i>

INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho é analisar o sistema de gestão de risco financeiro conhecido como *Value at Risk* (VaR), especialmente sua aplicabilidade no Brasil, através de um exemplo prático. O gerenciamento de risco é atualmente uma atividade primordial a fim de monitorar exposições no mercado financeiro de forma eficiente. A capacidade de avaliar possíveis perdas e mensurá-las transformou o *Value at Risk* (VaR) em uma ferramenta disseminada e aplicada por bancos e demais instituições financeiras, pois é considerado um método de fácil compreensão para o cálculo e controle do risco de mercado – ou seja, a volatilidade dos retornos que resulta do comportamento dos mercados financeiros e, mais especificamente, as perdas decorrentes desse comportamento.

O método VaR permite calcular, supondo condições “normais” de mercado, a perda que não será excedida com certo nível de confiança em período previamente especificado. A partir dessas informações bem definidas, o valor apresentado pode definir para acionistas e investidores se determinado nível de risco é aceitável. Caso não seja, através do processo que conduziu o método do VaR, é possível decidir onde deverão ser reduzidos ou ajustados os fatores de risco.

Em termos de alocação de recursos, o VaR pode ser utilizado no estabelecimento de limites de posição para investidores e operadores (*traders*)¹ em um mercado, e também para a decisão sobre onde alocar recursos de capital, que são necessariamente limitados. A vantagem do VaR é a criação de um denominador comum que permite comparar as avaliações de risco em diversos mercados.

Considerando avaliações de performance, o método VaR pode ser usado para que o desempenho seja ajustado ao risco, o que é essencial em um ambiente de negociações em que os operadores possuem tendência natural de assumir riscos extras. Esta característica decorre do fato de que maiores riscos estão associados a maiores ganhos.

De acordo com essas proposições, o trabalho buscará desenvolver um exemplo prático, no qual aplicará o método do VaR em uma carteira composta por cinco ativos da Bovespa

¹ *Traders* - A palavra *trader* significa negociador, ou operador. Este termo refere-se a um investidor profissional em um mercado. Logo, nem todo investidor é um *trader*. Apenas as pessoas que vivem essencialmente da atividade de operador de mercado de ações, por exemplo, podem se denominar *traders*.

(VALE5, PETR4, ITUB4, BBDC4 e BBAS3) com 243 observações correspondentes ao período 01/07/2012 a 30/06/2013. Esse período, na bolsa brasileira, foi marcado por forte volatilidade, além de tendência geral de resultados negativos, ou seja, redução do Ibovespa. O critério utilizado para a seleção dos ativos foi o maior valor de negociações no lote-padrão² para o ano de 2013. Nesse período, os ativos movimentaram 9,51%, 8,16%, 4,87%, 3,63% e 2,7%, respectivamente, de participação no valor total de negócios, totalizando um valor acumulado de 28,87%.

Utilizando métodos paramétricos e não paramétricos, o trabalho procurará mensurar o VaR da carteira em base diária, realizando os devidos comentários em cada resultado e os avaliando através de *backtesting* para saber, após os fatos terem acontecido, se um modelo ou, uma suposição é adequada, considerando dados ou acontecimentos reais.

O primeiro capítulo consistirá na base teórica deste trabalho e terá por objetivos apresentar conceitos relevantes de gestão de riscos, modelos de mensuração do VaR, teoria de carteiras, e ferramentas estatísticas necessárias para utilização dos modelos de VaR. O segundo capítulo trará uma breve descrição dos ativos que serão utilizados neste trabalho e apresentará a metodologia utilizada na aplicação dos modelos para cada simulação, ou seja, na sua implementação através da carteira selecionada de ativos. O terceiro capítulo focará na parte de análise dos resultados, e avaliação das estimativas de VaR.

² Lote-padrão é a quantidade mínima em que ações são negociadas na bolsa. Em alguns casos o lote padrão pode ser de 100 ações, portanto só se poderá comprar e vender quantidades de ações que sejam múltiplas deste lote padrão.

CAPÍTULO I – CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE GESTÃO DE RISCO FINANCEIRO

1.1 - Conceitos de gestão de risco

A gestão de risco tem se tornado uma importante área no mercado financeiro, possibilitando avaliar exposições que as instituições financeiras têm em relação a perdas potenciais, ou avaliam que podem ter, ao aproveitar oportunidades de investimentos financeiros, realizar intermediação de negócios, e até mesmo prestar consultoria aos seus clientes. Pode-se concluir que a adoção de melhores práticas e metodologias de gestão de risco permite uma melhor avaliação dos limites de risco aceitáveis, assim como uma melhor precificação e gerenciamento da carteira, proporcionando um diferencial competitivo para a empresa e o investidor.

A gestão de risco pode ser definida como o processo pelo qual as várias exposições ao risco são identificadas, mensuradas e controladas. A gestão de risco também pode ser entendida como o processo formal adotado por uma organização para promover a efetiva e eficaz identificação, mensuração e controle das exposições assumidas (JORION, 2003).

Os riscos financeiros ainda estão associados a perdas devido a flutuações de variáveis financeiras, como taxas de juros, preços de ações, taxa de câmbio, ou a perdas decorrentes da variação da taxa de inadimplência das carteiras de crédito, ou mesmo a perdas financeiras causadas por multas, fraudes ou outro constrangimento no fluxo de caixa devido a problemas nos processos operacionais da empresa.

O risco financeiro pode ser definido como a volatilidade de resultados incertos, normalmente relacionada ao valor de ativos ou passivos de interesse (KIMURA et. al., 2008). A volatilidade nada mais é do que um indicador de dispersão, que também é conhecida como o desvio padrão (representado por σ). Essa medida visa representar estatisticamente o grau de dispersão de um conjunto em relação à sua média (representada por μ).

No cálculo do risco, estimamos o desvio padrão dos retornos dos ativos, que são considerados como realizações de um processo estocástico – qualquer variável cujo comportamento varia ao longo do tempo, de uma forma incerta, é considerada como um

processo estocástico. O processo pode ser discreto, cuja variável se altera em certos intervalos de tempo, ou pode ser contínuo, podendo variar a qualquer momento.

Assumindo que os ativos-objeto tem um comportamento estocástico contínuo, isto é, a distribuição probabilística dos preços dos ativos-objeto, em uma data futura, é log-normal, pode-se afirmar que, a distribuição probabilística das taxas de retorno, calculada de forma contínua e composta entre duas datas, é normal (JORION, 2003). Dessa forma, deriva-se a série de retornos diários em $\ln(P_t / P_{t-1})$. O logaritmo natural da razão dos preços se aproxima da taxa de retorno $(P_t / P_{t-1}) - 1$ e tem a propriedade de provocar simetria e homogeneidade na distribuição de retornos, ou seja, podem ser suficientemente bem aproximados pela distribuição normal.

1.2 - O processo de gestão de risco

As áreas de uma instituição financeira responsáveis pelo gerenciamento de risco de mercado estabelecem procedimentos de diagnóstico e estimação dos riscos de mercado que lhes são encaminhados.

A alta gestão da empresa determina à tesouraria limites de exposição a risco. Nesse processo deve-se partir da identificação dos fatores de risco de carteira de ativos e passivos. A segunda parte do processo é a mensuração do risco de mercado. Trata-se de estimar quantitativamente o valor do risco de mercado. As medidas frequentemente usadas para estimar o risco de mercado são a volatilidade ou desvio padrão, a variância e o VaR. Por meio desses instrumentos de estimação, pode-se ter uma avaliação das perdas potenciais da carteira, devida à flutuação de preços de ativos e passivos.

A terceira parte do processo de gestão de risco de mercado é diversificar os fatores de risco da carteira usando instrumentos derivativos, como contratos de futuros, contratos a termo, contratos de *swaps* ou contratos de opções, podendo assim, transferir parte do risco da carteira de ativos a outros investidores. Por exemplo, em cenários negativos, ao invés de esperar até conseguir liquidar uma posição que apresenta riscos elevados, o *risk manager* pode operar um contrato de derivativo e proteger a posição (*hedge*), evitando possíveis perdas adicionais. Ou seja, através dos contratos de derivativos, os mercados financeiros possibilitam uma forma ágil de gestão de risco de mercado.

O primeiro elemento de representação do VaR é a estimativa de perda máxima potencial de uma carteira. O *risk manager* deve lançar mão de várias ferramentas quantitativas para

poder estabelecer estimativas de perda potencial que reflitam as características da carteira e as condições do mercado, pois, dada a própria incerteza dos eventos que afetam os retornos dos ativos, as estimativas podem se distanciar dos resultados efetivos. Por isso, o conhecimento sobre teorias de probabilidade e estatística tornam-se necessários para aplicar a análise do VaR (KIMURA et. al., 2008).

O segundo elemento refere-se ao horizonte de tempo ou projeção do VaR, onde, usualmente, é calculado para um dia, uma semana, ou até mesmo um mês. Dadas às propriedades estatísticas associadas às características dos ativos e dos mercados financeiros, é mais adequada sua utilização para horizontes de tempo de curto prazo. Observa-se ainda, certa padronização na utilização do VaR para o horizonte de tempo de um dia, pois, apesar de existirem ativos com baixa liquidez, os mercados financeiros e de capitais possibilitam a rápida estruturação de operações de *hedge* que podem diminuir consideravelmente e até mesmo, eliminar rapidamente exposições a várias fontes de risco de mercado em prazos mais longos.

O terceiro elemento característico do modelo VaR é o grau de confiança de sua estimativa. Como se sabe, a perda efetiva pode ser diferente da perda máxima estimada pelo VaR, afinal, ela é uma medida que está sujeita a fatores aleatórios (estocásticos).

Através da utilização de conceitos como o *backtesting*, que será utilizado na análise da simulação da carteira teórica usada neste trabalho, é possível verificar se a metodologia de estimação do VaR pode ser considerada adequada, fazendo o retrospecto dos retornos efetivos.

Em relação ao grau de confiança, geralmente, utiliza-se níveis de 95% e 99%. Utilizando um intervalo de confiança de 95%, subentende-se que exista 5% de chance de a perda efetiva superar o VaR. Da mesma forma, tendo 1% de chance de a perda efetiva ser maior do que a perda máxima estimada.

Nessa análise são usados os conceitos de distribuição normal e intervalo de confiança, aplicados no estudo do modelo de variâncias-covariâncias, tornando a obtenção de estimativas para a média e o desvio padrão de possíveis retornos de um ativo, ou mais genericamente, de uma carteira de ativos, o principal problema a ser resolvido.

1.3 - Gestão de risco no Brasil e no mundo

O risco sistêmico nos mercados financeiros tem sido definido como uma espécie de risco de contágio, em que quebras em cadeia de instituições financeiras poderiam ocorrer a partir da quebra de uma única instituição. Isso ocorreria devido à grande inter-relação entre os agentes do sistema financeiro. Alguns exemplos de crises financeiras são a crise cambial mexicana em 1994, a crise asiática em 1997, a crise russa em 1998, o processo de desvalorização da moeda brasileira em 1999, a crise argentina em 2001, a crise do *subprime* em 2008 e a crise da Europa em 2010.

Buscando minimizar esse risco sistêmico, os órgãos reguladores através de legislações específicas buscaram limitar a exposição ao risco que cada instituição pode assumir. Através do Acordo da Basileia, que consistiu em um pacto financeiro histórico celebrado em 15 de julho de 1988, e firmado pelos bancos centrais dos países que formam o G-10.³ Esse acordo teve por principal objetivo proporcionar condições de equilíbrio aos bancos comerciais, definindo um sistema de padrões mínimos de capital em face das exposições assumidas.

Em setembro de 1998, o Banco Central do Brasil publicou a resolução 2554/98 que dispõe sobre a adoção de sistema de controles internos de risco financeiro. Por essa resolução, as instituições financeiras foram obrigadas a adotar controles internos de risco de suas operações.

Através dessas mudanças na regulação, fez-se necessário utilizar modelos que fizessem jus à demanda por maior rigor na análise e mensuração das posições assumidas. A partir desse momento, vários representantes do sistema financeiro internacional, como o Comitê da Basileia de Supervisão Bancária, o Banco Central norte-americano e o Banco Central do Brasil, concluíram que o VaR poderia ser usado como medida aceitável de risco de mercado. Os resultados obtidos pelo VaR devem estar à disposição dos órgãos reguladores, estando sujeitos à auditoria externa e fiscalização.

Existem atualmente três modelos de aplicação do método do VaR, conforme abaixo (JORION, 2003):

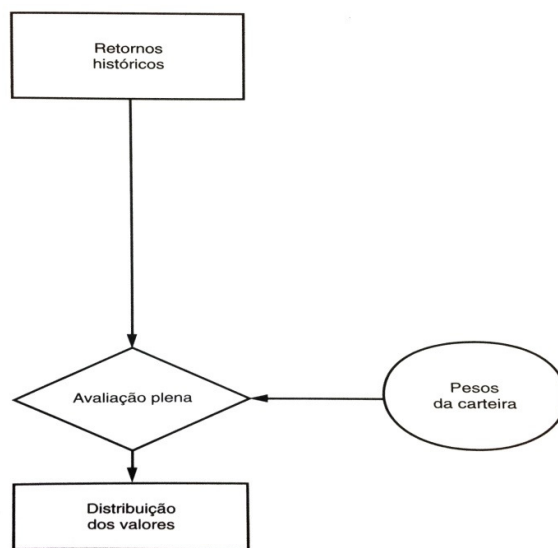
- Modelo de Simulação Histórica (*full valuation*);
- Modelo de Variâncias-Covariâncias (delta-normal);
- Modelo de Simulação de Monte Carlo.

³ Os países que formam o G-10 são Bélgica, Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Holanda, Suécia, Reino Unido e EUA.

1.4 – Cálculo do VaR pelo método histórico

O cálculo da simulação histórica começa com o valor marcado a mercado (*marked to market*), identificando o valor total da carteira no instante inicial. O valor da carteira considerará os dados de mercado, multiplicando a quantidade de ações pelo preço da ação. Esse valor representa o valor atual, presente ou o valor de negociação que uma carteira tem no mercado, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Cálculo do VaR pelo Método Simulação Histórica



Fonte: Jorion (2003).

A segunda etapa desse cálculo, logo depois de identificados os níveis de exposição, seria o levantamento de retornos (R) passados associados aos fatores de risco, note-se que os pesos w_t são mantidos iguais a seus valores correntes. Essa análise pode ser diária, semanal ou mensal, dependendo de como os dados estão disponibilizados e determinar o horizonte temporal ou período de manutenção em carteira, por exemplo, 100 dias, 252 dias, 50 semanas ou 24 meses.

O terceiro passo seria simular os resultados da posição atual considerando os retornos passados, bastando considerar quanto a carteira ganharia ou perderia caso ocorresse um dado retorno passado do fator de risco.

O quarto passo seria ordenar os resultados simulados e determinar o VaR, ou seja, ao ordenar os dados em ordem decrescente de retornos, observa-se que o primeiro resultado simulado foi a maior perda realizada no horizonte de tempo selecionado. Após essa compreensão simples, é possível estimar o VaR para determinado grau de confiança.

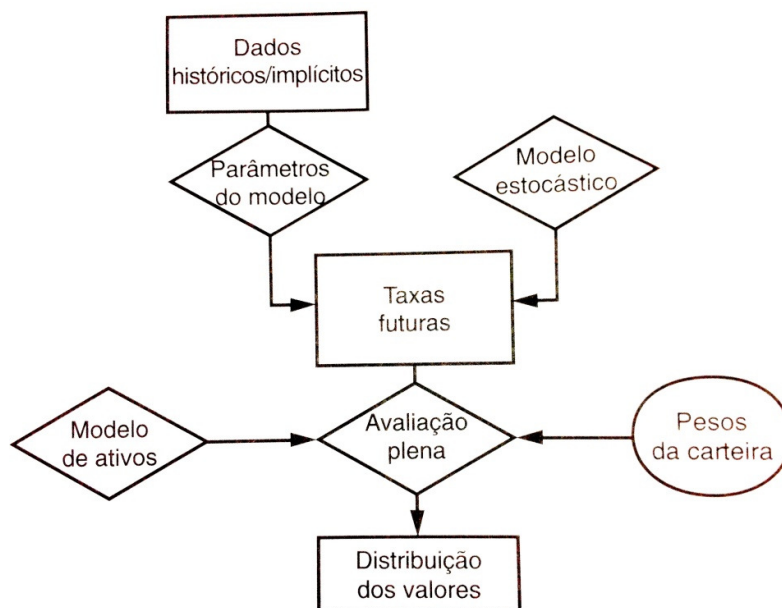
1.5 – Cálculo do VaR pelo método de variâncias-covariâncias

Dentre as abordagens de mensuração do VaR, o método delta-normal, que utiliza a matriz de variâncias-covariâncias, é o mais fácil de ser implementado. Segundo JORION (2003, p. 211), uma pesquisa efetuada pela *British Financial Services Authority* revelou que 42% dos bancos utilizam o método analítico; 31%, a simulação histórica; e 23%, a simulação de Monte Carlo.

As carteiras formadas por uma combinação linear de fatores de risco⁴ têm suas rentabilidades distribuídas de acordo com uma função normal. Em geral, as caudas da distribuição histórica (frequências relativas) são mais cheias do que na distribuição teórica.

Nesse caso, é necessária apenas uma combinação das posições em carteira e da matriz de variância-covariância para que, realizando-se a multiplicação matricial, seja obtida a medida do VaR.

Figura 2. Cálculo do VaR pelo Método de Simulação Delta-Normal



Fonte: Jorion (2003).

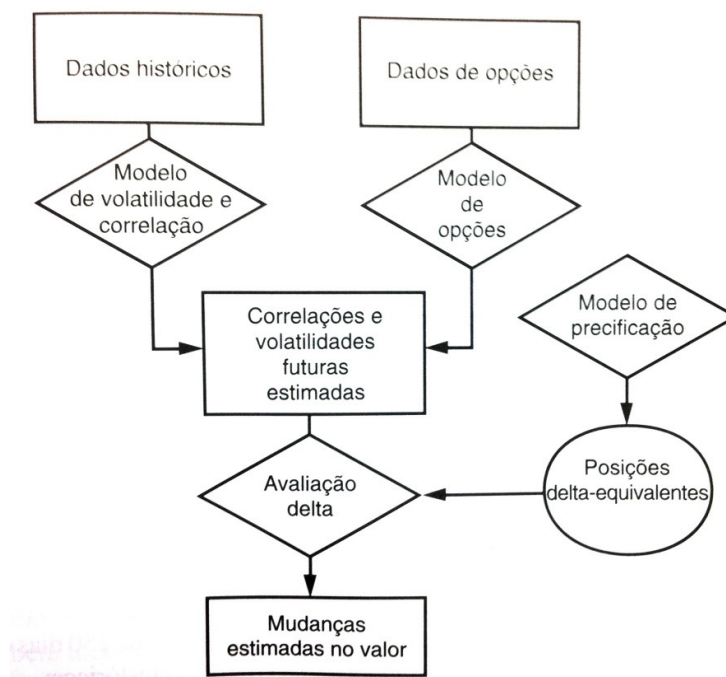
1.6 – Cálculo do VaR pelo método de de Monte Carlo

O método de Monte Carlo é semelhante ao de simulação histórica, exceto pelo fato de as mudanças hipotéticas nos preços ΔS_i , para o ativo i na carteira, serem geradas por meio de amostragem aleatória, obtidas em computador, de um processo estocástico.

O método pode, resumidamente, ser descrito em duas etapas:

1. O *Risk Manager* especifica um processo estocástico para as variáveis financeiras, bem como os parâmetros desse processo (volatilidade e correlações podem ser derivadas a partir de dados históricos ou de dados de opções).
2. São simuladas trajetórias fictícias de preço para todas as variáveis de interesse. Para cada horizonte considerado, a carteira é marcada a mercado por meio de uma avaliação plena como no caso da simulação histórica.

Figura 3. Cálculo do VaR pelo Método de Simulação de Monte Carlo



Fonte: Jorion (2003).

⁴ A carteira com retorno que varia na mesma proporção que os preços de mercado dos ativos, é conhecida como linear, pois suas posições financeiras são uma função linear das variações de mercado – fatores de risco.

CAPÍTULO II - COMPOSIÇÃO DA CARTEIRA E METODOLOGIA APLICADA

II.1 – Seleção dos ativos

Buscando desenvolver e aplicar o método do VaR em uma carteira hipotética, o presente trabalho apresentará os ativos selecionados.⁵ Os critérios utilizados para a seleção da carteira foram:

1. Ativos de renda variável negociados na BM&F-Bovespa, especificamente ações;
2. Empresas que tenham realizado IPO (*Initial Public Offering*; ou Oferta Pública Inicial) há pelo menos dois anos;
3. Maiores valores negociados no ano de 2013;
4. Buscando uma abordagem simplificada, serão utilizados os 5 (cinco) ativos melhor classificados nos critérios mencionados – em particular, as maiores participações no valor total de negócios.

Dentro dessas perspectivas, os ativos selecionados estão colocados na Tabela abaixo:

Tabela 1 – Ações com Maiores Valores Negociados em 2013 – Lote-Padrão

Ação – Tipo⁶	Valores (R\$)	Part.(%)	Part.(%) Acumulado
VALE (PN)	156.308.471.957	9,51	9,51
PETROBRAS (PN)	134.173.239.497	8,16	17,67
ITAUUNIBANCO (PN)	80.046.604.119	4,87	22,54
BRADESCO (PN)	59.699.157.526	3,63	26,17
BANCO DO BRASIL (ON)	44.404.496.380	2,70	28,87
PETROBRAS (ON)	43.514.447.617	2,65	31,52
OGX PETROLEO (ON)	42.936.438.242	2,61	34,13
AMBEV S/A (ON)	41.919.600.689	2,55	36,68

Fonte: BM&FBOVESPA – 20/01/14

⁵ No Apêndice, são apresentadas as principais características das empresas.

⁶ Tipo – PN (Preferencial Nominativa) ou ON (Ordinária Nominativa)

Na simulação do VaR, serão utilizadas as rentabilidades diárias dos cinco primeiros ativos na Tabela 1. Os dados utilizados do cálculo do VaR correspondem ao período entre 01/07/2012 e 30/06/2013, totalizando 243 observações para cada ativo.

II.2 – Desenvolvimento da análise do VaR

O presente trabalho apresentará dois dos três métodos de estimação do VaR aplicados a uma carteira hipotética. Mais especificamente, os modelos escolhidos para medir o risco de mercado dessa carteira hipotética foram:

- Modelo de variâncias-covariâncias (método delta-normal ou paramétrico);
- Modelo de simulação histórica (método não paramétrico).

Uma característica importante que distingue a simulação histórica do modelo de variâncias-covariâncias é que o primeiro modelo não necessita de estimação de parâmetros que reflitam uma distribuição de probabilidades, já que o mesmo utiliza apenas os dados históricos. No segundo modelo, os dados são utilizados para estimar os parâmetros de uma distribuição.

II.3 – Característica da carteira teórica

A carteira usada na simulação do VaR foi construída com base nos pesos dos ativos no Índice Bovespa no último trimestre de 2013. Os detalhes da carteira estão incluídos na Tabela abaixo.

Tabela 2 – Carteira Teórica no Cálculo do VaR

Ativos	Peso Ibovespa	Valores em Reais	Número de Ações*
VALE5	9,74%	R\$ 9.684	358
PETR4	14,64%	R\$ 14.497	896
ITUB4	8,20%	R\$ 8.199	285
BBDC4	6,64%	R\$ 6.595	229
BBAS3	0,56%	R\$ 996	45
Soma	39,78%	R\$ 39.972	

* Foram usados os preços das ações em 28/06/2013.

Fonte: Elaboração do autor.

Para o período de referência para a simulação do VaR, foi escolhido o último dia útil de junho de 2013 (28/06/13). Ou seja, a análise se aplica à situação existente em 28/06/13, e os resultados refletem os valores da carteira nesse dia.

II.3.1- Informações complementares

Na aplicação dos dois modelos de mensuração do VaR serão considerados os dados abaixo:

- Nível de confiança de 99% (valor crítico da distribuição normal padronizada: $z = 2,3263$);
- VaR estimado com base em 243 observações para o período de 01/07/2012 a 28/06/2013;
- Avaliação dos resultados do VaR (*backtesting*) com base em 125 observações para o período de 01/07/2013 a 30/12/2013;
- Taxas de retorno calculadas pelos logaritmos naturais das variações diárias: $r_t = \ln (P_t / P_{t-1})$;
- A ferramenta Microsoft Excel foi usada para realizar as simulações.

CAPÍTULO III - RESULTADOS EMPÍRICOS: SIMULAÇÕES DO VaR

III.1 – Cálculo do VaR pelo método paramétrico

A metodologia do modelo de variâncias-covariâncias, também conhecido como delta-normal, requer a utilização de alguns conceitos de inferência estatística e da distribuição normal de probabilidade. Assim, considerando os retornos do Anexo 1, podemos estimar a perda máxima em um dia com grau de confiança de 99%, por exemplo, através das propriedades da curva normal. Nesse caso, o VaR é dado pela fórmula:

$$\text{VaR} = P \times \sigma \times z$$

Onde P é o valor da carteira em $t = 0$, σ é o desvio padrão da rentabilidade diária ($P \times \sigma$ é o desvio padrão do retorno em reais), e z é o valor crítico na distribuição normal. Utilizando esta fórmula, podemos estimar o VaR da carteira considerando o valor de mercado em 28/06/2013: $P = \text{R\$ } 39.972$. O desvio padrão da carteira é obtido a partir da matriz variâncias-covariâncias, que aparece na Tabela abaixo. O valor crítico é: $z = 2,3263$.

Tabela 3 – Matriz de Variâncias-Covariâncias no Cálculo do VaR

	VALE5	PETR4	ITUB4	BBDC4	BBAS3
VALE5	0,000398	0,000187	0,000127	0,000113	0,000118
PETR4	0,000187	0,000391	0,000151	0,000136	0,000131
ITUB4	0,000127	0,000151	0,000312	0,000222	0,000182
BBDC4	0,000113	0,000136	0,000222	0,000291	0,00016
BBAS3	0,000118	0,000131	0,000182	0,00016	0,000374

Fonte: Elaboração do autor.

Usando estas informações, podemos calcular o VaR da carteira teórica em $t = 0$ (28/0613) – ver detalhes do cálculo no Anexo 1:

$$\text{VaR} = \text{R\$ } 581,31 \times 2,3263 = \text{R\$ } 1.352$$

III.2 – Cálculo do VaR pelo método histórico

A partir dos dados disponíveis para os preços dos ativos, é possível considerar que, supondo que os retornos históricos representam de maneira adequada os possíveis retornos futuros do ativo, então a perda máxima potencial da carteira, de um dia para o outro, considerando um nível de confiança de 99%, pode ser obtida dos resultados passados.

Considerando o valor da carteira em 28/06/2013, e as simulações disponíveis para os 233 dias anteriores, calculamos os ganhos e perdas diários com a carteira. Os piores resultados correspondem ao VaR não paramétrico.

Tabela 4 – Perdas Diárias e Cálculo do VaR

	Retornos Diários
1	1646,22
2	R\$ 1.455
3	R\$ 1.402
4	1380,91
5	1347,81
6	1156,88
7	1114,39
8	1107,89
9	1047,54
10	1019,32

Fonte: Elaboração do autor.

Como temos 233 observações para as perdas diárias, o VaR com 99% de confiança estará localizado entre a terceira e segunda piores perdas. Ou seja, o VaR calculado pelo método histórico está entre R\$ 1.402 e R\$ 1.455. Estes números, embora mais elevados, podem ser considerados próximos do VaR calculado pelo método paramétrico – ver detalhes do cálculo no Anexo II.

III.3 – Avaliação do resultado do VaR: backtesting

Usando informações para um período posterior a $t = 0$, mais especificamente para o período entre 01/07/13 e 30/12/13, calculamos os retornos diários com a carteira teórica que teriam ocorrido nesse período. As maiores perdas podem indicar se o resultado encontrado para o VaR é consistente com os dados observados no segundo semestre de 2013.

Nesse período, que inclui 126 observações (retornos diários), verificamos que em dois dias a perda diária foi superior a R\$ 1.352 – mais especificamente, estas perdas mais elevadas foram de R\$ 1.804,33 e R\$ 1903,50. Logo, se os dados para o segundo semestre de 2013 não são estritamente consistentes com os resultados encontrados para o VaR – ou seja, duas perdas superaram o VaR de 99% em 126 dias –, também não se afastam muito do resultado esperado. Por outro lado, baseados nas informações disponíveis entre 01/07/2012 e 30/06/2013, as perdas maiores do que o VaR superaram bastante os valores obtidos por esse método, tanto no caso do VaR paramétrico, como no VaR não paramétrico.

CONCLUSÕES

Após realizar análise do *Value at Risk* (VaR) através do modelo de variâncias-covariâncias e do modelo histórico, foi perceptível identificar que os dois modelos geraram resultados relativamente consistentes entre si, no caso da aplicação aos dados de ações no Brasil durante o período analisado, ou seja, entre 2012 e 2013. Esse foi um período marcado por forte volatilidade e por tendência de queda do principal índice de ações – o Ibovespa.

Ainda, verificando as informações no cap. 3, tornou-se evidente que o modelo variâncias-covariâncias, conhecido também como delta-normal, apresentou diferenças não muito elevadas em relação ao método não paramétrico, ou histórico. Todavia, como ocorre com frequência, o método histórico apresentou resultado mais elevado para o VaR, ou seja, a distribuição normal subestima os resultados observados na prática.

Por outro lado, analisando a precisão dos dois modelos por meio do *backtesting* foi possível identificar que os dois modelos apresentaram resultados não estritamente consistentes com o período analisado – em particular, com a segunda metade de 2013, que foi o período utilizado para avaliar os resultados do VaR que foram obtidos a partir de dados para um ano antes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JORION, Philippe. **Value at Risk**: A nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro. São Paulo: BM&F, 2003 – 2ª edição.

KIMURA, Hebert et al. **Value at Risk – Como entender e calcular o risco pelo VaR: Uma contribuição para a gestão de risco no Brasil**. Ribeirão Preto, SP: Inside Books, 2008.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2007 – 8ª edição.

Anexo 1

Cálculo do VaR pelo método paramétrico.

	U	V	X	Y	Z	AA
2	VALE5	1	0,473629	0,360116	0,331577	0,306849
3	PETR4		1	0,432504	0,404551	0,343297
4	ITUB4			1	0,735498	0,532706
5	BBDC4				1	0,485084
6	BBAS3					1
7						
8		VALE5	PETR4	ITUB4	BBDC4	BBAS3
9	VALE5	0,000398	0,000187	0,000127	0,000113	0,000118
10	PETR4	0,000187	0,000391	0,000151	0,000136	0,000131
11	ITUB4	0,000127	0,000151	0,000312	0,000222	0,000182
12	BBDC4	0,000113	0,000136	0,000222	0,000291	0,00016
13	BBAS3	0,000118	0,000131	0,000182	0,00016	0,000374
14						
15	VALE5	R\$ 9.700	0,243	358	R\$ 9.684	
16	PETR4	R\$ 14.500	0,363	896	R\$ 14.497	
17	ITUB4	R\$ 8.200	0,205	285	R\$ 8.199	
18	BBDC4	R\$ 6.600	0,165	229	R\$ 6.595	
19	BBAS3	R\$ 1.000	0,025	45	R\$ 996	
20	Soma	R\$ 40.000	1,00		R\$ 39.972	
21						
22	Variância da carteira			Desvio padrão		Valor z
23		337923,8		581,3121		2,326348
24		=MATRIZ.MULT(MATRIZ.MULT(TRANSPOR(V15:V19);V9:Z13);V15:V19)				
25						
26	One-Day 99% VaR			R\$ 1.352		

Anexo 2

Cálculo do VaR pelo método histórico – dados e resultados obtidos (amostra).

	VALE5	PETR4	ITUB4	BBDC4	BBAS3	Carteira	Perda*		Perda*
20130628	27,40	15,98	29,13	29,05	22,75	R\$ 40.108	-136,60	1	1646,22
20130627	27,00	16,41	29,34	29,09	22,36	R\$ 40.399	-427,69	2	R\$ 1.455
20130626	26,30	16,33	28,91	29,07	22,18	R\$ 39.944	27,87	3	R\$ 1.402
20130625	27,66	16,27	28,88	28,95	22,32	R\$ 40.347	-375,51	4	1380,91
20130624	25,52	15,63	27,79	28,22	22,08	R\$ 38.517	1455,14	5	1347,81
20130621	26,87	15,64	28,00	28,12	22,10	R\$ 39.047	924,97	6	1156,88
20130620	27,18	16,01	29,10	28,99	21,37	R\$ 39.968	3,33	7	1114,39
20130619	26,49	15,60	28,42	28,17	21,42	R\$ 38.971	1000,62	8	1107,89
20130618	27,71	15,95	28,59	28,59	21,76	R\$ 39.882	89,72	9	1047,54
20130617	27,16	16,21	28,93	29,06	22,19	R\$ 40.144	-172,29	10	1019,32
20130614	26,70	15,53	28,15	28,19	22,24	R\$ 38.952	1019,32	11	1003,46
20130613	28,26	16,78	28,69	28,40	22,59	R\$ 40.845	-873,70	12	1000,62
20130612	26,68	15,82	28,70	28,71	21,15	R\$ 39.429	542,39	13	975,74
20130611	26,26	15,88	27,81	27,68	21,58	R\$ 38.864	1107,89	14	934,70
20130610	26,62	16,21	28,71	28,92	22,35	R\$ 39.869	102,54	15	931,85
20130607	26,57	15,66	28,59	28,58	21,52	R\$ 39.201	770,50	16	924,97
20130606	27,43	16,21	29,04	28,82	22,05	R\$ 40.213	-241,41	17	902,42
20130605	26,02	15,65	27,75	27,97	21,60	R\$ 38.624	1347,81	18	868,89
20130604	27,36	16,00	28,91	28,38	21,70	R\$ 39.852	119,65	19	850,79
20130603	28,25	16,37	28,52	27,98	22,24	R\$ 40.321	-349,10	20	831,24
20130531	26,37	16,34	29,08	29,37	21,72	R\$ 40.074	-102,47	21	830,54
20130529	26,69	16,00	28,06	28,16	21,36	R\$ 39.300	671,70	22	814,04
20130528	26,62	16,29	28,87	29,03	22,11	R\$ 39.989	-17,64	23	785,47
20130527	27,14	16,09	28,65	28,63	22,24	R\$ 39.855	116,35	24	772,78
20130524	26,84	16,33	28,68	28,61	22,16	R\$ 39.969	2,98	25	770,50
20130523	26,56	16,13	28,53	28,40	22,11	R\$ 39.590	381,97	26	746,77
20130522	26,68	15,92	29,14	28,97	22,41	R\$ 39.766	205,98	27	714,14
20130521	27,33	16,21	26,48	28,88	21,95	R\$ 39.458	514,01	28	707,76
20130520	28,06	16,38	29,01	29,24	22,68	R\$ 40.710	-738,29	29	675,77
20130517	27,24	16,34	29,16	29,44	22,78	R\$ 40.474	-502,11	30	675,34
20130516	26,38	16,33	28,50	28,86	22,57	R\$ 39.822	149,66	31	671,70
20130515	26,50	16,20	29,25	29,02	21,62	R\$ 39.951	20,51	32	659,15

* Valores negativos representam ganhos, valores positivos são perdas em relação à posição inicial.

Anexo 3

Descrição das empresas incluídas na carteira teórica.

Vale (VALE5)

A Vale é uma empresa privada, de capital aberto, com sede no Rio de Janeiro e com ações negociadas na BM&FBOVESPA, dentre outras bolsas espalhadas pelo mundo.

Ela é considerada a maior produtora de minério de ferro do mundo e a segunda maior de níquel. Destaca-se ainda na produção de manganês, cobre, carvão, cobalto, pelotas, ferroligas e alguns fertilizantes, como fosfatados (TSP e DCP) e nitrogenados (ureia e amônia). Ela atua na exploração mineral em 24 países em todo o mundo.

Além disso, opera sistemas de logística no Brasil, incluindo ferrovias, terminais marítimos e portos, os quais estão integrados com suas operações de mineração e possui portfólio de frete marítimo para transporte de minério de ferro. Através de afiliadas e *joint ventures*,⁷ a Vale também opera na geração de fornecimento de energia e no setor siderúrgico.

Segundo o site Fundamentus^{2,8} o VALE5 é uma ação do tipo PNA (Preferencial tipo A), está classificado no setor de mineração e subsetor de minerais metálicos. Seu resumo financeiro e de balanço em 2012 pode ser observado no Quadro 1 abaixo:

QUADRO 1 – Resumo VALE5 (2012)

Resumo financeiro		Resumo do Balanço	
Detalhes	2012	Detalhes	2012
Valor de mercado	R\$ 170,892 B	Ativo circulante	R\$ 46,040 B
Receita (últ. 12 meses)	R\$ 101,152 B	Ativo total	R\$ 266,923 B
EBITD (últ. 12 meses)	R\$ 41,514 B	Passivo circulante	R\$ 25,668 B
Lucro líquido (últ. 12 meses)	R\$ 11,513 B	Passivo total	R\$ 114,533 B

Fonte: Site Exame – Disponível em <http://www.exame.com.br>. Acesso em 10/02/2014

Petrobras (PETR4)

Petróleo Brasileiro S.A. ou simplesmente Petrobras é uma empresa de capital aberto (sociedade anônima), cujo acionista majoritário é o Governo do Brasil (União). É, portanto,

⁷ *Joint Venture* - é uma expressão de origem inglesa, que significa a união de duas ou mais empresas já existentes com o objetivo de iniciar ou realizar uma atividade econômica comum, por um determinado período de tempo e visando, dentre outras motivações, o lucro.

⁸ Fundamentus – Disponível em <http://www.fundamentus.com.br/>. Acessado em 10/02/2014.

uma empresa estatal de economia mista. Instituída em 3 de outubro de 1953 e sediada no Rio de Janeiro, opera hoje em 28 países, no segmento de energia, prioritariamente nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo e seus derivados.

Segundo o site Fundamentus, o PETR4 é uma ação do tipo PN (Preferencial), está classificado no setor de petróleo, gás e biocombustíveis e subsetor de exploração e/ou refino. Seu resumo financeiro e de balanço pode ser observado no Quadro 3 abaixo:

QUADRO 2 – Resumo PETR4 (2012)

Resumo financeiro 2012		Resumo do Balanço	
Detalhes	2012	Detalhes	2012
Valor de mercado	R\$ 184,833 B	Ativo circulante	R\$ 118,102 B
Receita (últ. 12 meses)	R\$ 297,267 B	Ativo total	R\$ 677,716 B
EBITD (últ. 12 meses)	R\$ 60,877 B	Passivo circulante	R\$ 69,621 B
Lucro líquido (últ. 12 meses)	R\$ 25,036 B	Passivo total	R\$ 334,637 B

Fonte: Site Exame – Disponível em <http://www.exame.com.br>. Acesso em 10/02/2014

Itaú Unibanco (ITUB4)

O maior banco privado do hemisfério sul e um dos 20 maiores do mundo nasceu do casamento de duas instituições que, desde a fundação - o Unibanco, em 1924, no sul de Minas Gerais, e o Itaú, em 1945, na capital paulista -, mantêm características essenciais em comum.

A união entre os dois bancos - aprovada pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica – CADE, em 18 de agosto de 2010 - se acelerou devido à crise mundial no sistema financeiro. Com a fusão a marca Unibanco foi extinta em todas as agências, passando apenas a usar a marca Itaú, a integração foi concluída em outubro de 2010.

Segundo o site Exame, o Itaú Unibanco Holding possui quatro segmentos operacionais: banco comercial, Itaú BBA, crédito para consumidores e corporativo e tesouraria. O segmento banco comercial inclui seguros, planos de previdência e produtos de capitalização, cartões de crédito, gestão de patrimônio, e vários produtos e serviços de crédito para consumidores e empresas de pequeno e médio porte do mercado.

O Itaú BBA inclui banco corporativo e de investimento. O crédito para consumidores inclui produtos e serviços financeiros para não correntistas. O segmento corporativo e *Treasury* inclui os resultados relativos às atividades comerciais em seu portfólio, comércio relativo à gestão de moedas, taxas de juro, outros fatores de risco do mercado, gerenciamento

de lacunas e oportunidades de arbitragem em mercados nacionais e estrangeiros. Também inclui os resultados associados à renda financeira dos investimentos de seu excesso de capital.

Segundo o site Fundamentus, o ITUB4 é uma ação do tipo PN (Preferencial), está classificado no setor financeiro e subsetor bancos. Seu resumo financeiro e de balanço pode ser observado no Quadro 3 abaixo:

QUADRO 4 – Resumo ITUB4 (2012)

Resumo financeiro		Resumo do Balanço	
Detalhes	2012	Detalhes	2012
Valor de mercado	R\$ 145,450 B	Ativo circulante	-
Receita (últ. 12 meses)	R\$ 91,287 B	Ativo total	R\$ 957,154 B
EBITD (últ. 12 meses)	R\$ 21,314 B	Passivo circulante	-
Lucro líquido (últ. 12 meses)	R\$ 14,435 B	Passivo total	R\$ 881,252 B

Fonte: Site Exame – Disponível em <http://www.exame.com.br>. Acesso em 10/02/2014

Bradesco (BBDC4)

Bradesco é o segundo maior banco privado do Brasil (em ativos totais), e cresceu principalmente através de fusões e aquisições. Foi fundado em 10 de março de 1943 na cidade de Marília, interior de São Paulo por Amador Aguiar, sucedendo a Casa Bancária Almeida & Cia., sendo fundador Coronel Galdino de Almeida e sócio José da Silva Nogueira, sendo renomeado para Banco Brasileiro de Descontos S.A., cuja sigla era "Bradesco", que passou a ser a razão social.

O Bradesco é um banco comercial que oferece um conjunto de produtos e serviços bancários e financeiros no Brasil e no exterior. O banco divide suas operações em duas principais áreas: serviços bancários, incluindo atividades como depósitos, serviços bancários para pessoa física e pessoa jurídica, operações de crédito, cartões de débito e crédito, operações de leasing, investimentos bancários, serviços bancários internacionais, gerenciamento de ativos e serviços de consórcio; e serviços de seguro, gerenciamento de planos de previdência privada particular e títulos de capitalização, com atividades como vários tipos de seguros, planos de previdência (incluindo planos PF e PJ), planos de poupança e contratos de investimento de aposentadoria.

Segundo o site Fundamentus, o BBDC4 é uma ação do tipo PN (Preferencial), está classificado no setor financeiro e subsetor bancos. Seu resumo financeiro e de balanço pode ser observado no Quadro 4 abaixo:

QUADRO 4 – Resumo BBDC4 (2012)

Resumo financeiro		Resumo do Balanço	
Detalhes	2012	Detalhes	2012
Valor de mercado	R\$ 115,406 B	Ativo circulante	-
Receita (últ. 12 meses)	R\$ 83,427 B	Ativo total	R\$ 801,187 B
EBITD (últ. 12 meses)	R\$ 29,890 B	Passivo circulante	-
Lucro líquido (últ. 12 meses)	R\$ 11,825 B	Passivo total	R\$ 730,049 B

Fonte: Site Exame – Disponível em <http://www.exame.com.br>. Acesso em 10/02/2014

Banco do Brasil (BBAS3)

O Banco do Brasil foi o primeiro banco brasileiro, criado no dia 12 de outubro de 1808, pelo então Príncipe-regente Dom João de Bragança (Futuro Rei Dom João VI de Portugal), por sugestão do Conde de Linhares, Rodrigo de Sousa Coutinho, num conjunto de ações que visavam à criação de indústrias manufatureiras no Brasil, incluindo isenções de impostos para importação de matérias-primas e de exportação de produtos industrializados.

O Banco do Brasil atende tanto a clientes pessoas físicas como a clientes pessoas jurídicas. Oferece um conjunto de produtos e serviços financeiros, como depósitos, contas poupança, gerenciamento de ativos, empréstimos, além de seguros de saúde, de vida e de propriedades.

Além disso, oferece transações financeiras em vários formatos, inclusive transações de câmbio e atividades complementares, com ênfase em previdência privada, capitalização, corretagem de títulos, administração de cartões de crédito e débito, consórcios, fundos de investimento e gerenciamento de portfólios. O Banco do Brasil opera tanto no mercado nacional como no internacional.

Segundo o site Fundamentus, o BBAS3 é um papel do tipo ON (Ordinária), está classificado no setor financeiro e subsetor bancos. Seu resumo financeiro e de balanço pode ser observado no Quadro 5 abaixo:

QUADRO 5 – Resumo BBAS3 (2012)

Resumo financeiro		Resumo do Balanço	
Detalhes		Detalhes	2012
Valor de mercado	R\$ 59,859 B	Ativo circulante	-
Receita (últ. 12 meses)	R\$ 70,725 B	Ativo total	R\$ 1.136,007 B
EBITD (últ. 12 meses)	R\$ 87,599 B	Passivo circulante	-
Lucro líquido (últ. 12 meses)	R\$ 16,700 B	Passivo total	R\$ 1.066,983 B

Fonte: Site Exame – Disponível em <http://www.exame.com.br>. Acesso em 10/02/2014