



**UNIVERSIDADE DO BRASIL – UFRJ**  
**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**MONOGRAFIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Título: Seguro de Portfolio – Uma Abordagem Focada no Seguro Dinâmico Baseado em**  
**Opções**

**Autor: Getúlio Lobo do Carmo Guedes**

**Orientador: Uriel Magalhães**

**2010**

SEGUROS DE PORTFOLIO: UMA ABORDAGEM FOCADA NO SEGURO DINÂMIO  
BASEADO EM OPÇÕES

Getúlio Lobo do Carmo Guedes

MONOGRAFIA SUBMETIDA À FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS  
CONTÁBEIS COMO REQUISITO NECESSÁRIO À OBTENÇÃO DO GRAU DE  
BACHAREL EM ADMINISTRAÇÃO

Aprovação da banca examinadora:

---

Prof. Orientador: Uriel Magalhães

---

Prof. Examinador: Newton Rabelo de Castro Jr.

**Agradecimentos**

Agradeço à Deus, minha família e amigos e ao meu professor orientador por toda a paciência e suporte a mim prestados.

**Dedicatória**

Este trabalho é dedicado a todos os envolvidos diretamente em sua confecção e avaliação.

## Índice

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>06</b>
<b>Capítulo 1 – Base Teórica.....</b>	<b>08</b>
<b>1.1 Derivativos – Definições Gerais.....</b>	<b>08</b>
<b>1.1.1 Tipos de Derivativos.....</b>	<b>09</b>
<b>1.1.2 Agentes de Mercado.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Opções.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.1 Conceitos Gerais.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Fatores que Afetam na Formação de Preços.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.3 Relação de Paridade entre Put e Call.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.4 Modelos de Apreçamento.....</b>	<b>18</b>
<b>Modelo Binomial.....</b>	<b>18</b>
<b>Black &amp; Scholes.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.5 Letras Gregas.....</b>	<b>23</b>
<b>Delta.....</b>	<b>23</b>
<b>Gama.....</b>	<b>24</b>
<b>Teta.....</b>	<b>25</b>
<b>Vega.....</b>	<b>26</b>
<b>Rhô.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.6 Opções Sintéticas.....</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 2 - Seguros de Portfólio.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 Hedge Estático.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Seguros Dinâmicos de Portfólio.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.1 Stop Loss.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2 Constant Proportion Portfolio Insurance (CPPI).....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.3 Option Based Portfolio Insurance (OBPI).....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.4 Constant Return Portfolio Insurance (CRPI).....</b>	<b>35</b>
<b>2.3 Considerações Sobre OBPI.....</b>	<b>36</b>
<b>Capítulo 3 - Estudo de Caso.....</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo 4 - Considerações Finais.....</b>	<b>40</b>
<b>Capítulo 5 – Bibliografia.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

<b>Figura 1.1.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 1.2.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 1.3.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 1.4.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 1.5.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 1.6.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 3.1.....</b>	<b>39</b>

## ***INTRODUÇÃO***

O Brasil nesta última década adquiriu uma boa visibilidade nos mercados internacionais, diante da elevação de seu *rating* para o grau de investimento e por ser um dos componentes dos BRICs, ou seja, os emergentes de maior peso na economia.

Esse aumento de visibilidade pode ser creditado a maior estabilidade econômica, principalmente pelo cumprimento do regime de metas de inflação, além da boa relação dívida x PIB atual, sem falar das reservas atuais, que são utilizadas para suavizar e proteger a economia em momentos turbulentos como o que vivemos desde o agravamento da crise do *subprime* americano, com a quebra do Lehman Brothers em setembro de 2008.

Essas conquistas da economia brasileira provavelmente acelerarão o desenvolvimento do mercado financeiro local, impulsionando mais recursos para o mercado doméstico, tornando-o mais líquido.

Mas mesmo com esses benefícios, vivemos um momento turbulento em que a aversão ao risco está em níveis elevados e com a taxa selic no seu menor nível histórico, o que nos leva diretamente ao tema deste trabalho, isto é, aos seguros de portfólio. Isto porque os seguros de portfólio, bastante utilizados no mercado americano e europeu através de fundos de capital garantido, os quais utilizam-se de estratégias de seguro dinâmico de portfólio, que limitam as perdas não impondo restrições aos ganhos, ainda são prematuros aqui.

Porém o atual cenário está caminhando para que os administradores de recursos locais comecem a vislumbrar estas estratégias de gestão de carteiras como um meio de se sair bem neste momento conturbado.

O objetivo deste trabalho é abordar os métodos mais conhecidos de seguro de portfólio, com especial enfoque ao Option Based Portfolio Insurance (OBPI), através de opções sintéticas, que no caso de mercados emergentes, como o brasileiro, ainda não possui liquidez suficiente para todas as opções que os gestores de carteira desejam.

Este trabalho fará isto através de uma apresentação teórica das estratégias de seguro de carteira, passando antes pelos derivativos utilizados para tais fins. Ao final será apresentado um estudo de caso utilizando o OBPI em uma simulação no mercado de ações brasileiro.

Cabe ressaltar que este trabalho monográfico não tem como objetivo se aprofundar em algumas das limitações enfrentadas pelas técnicas que serão descritas, mas estas serão comentadas brevemente alertando o leitor das dificuldades.

## ***CAPÍTULO 1 - BASE TEÓRICA***

### ***1.1 Derivativos – Definições Gerais***

No mercado financeiro, além dos mercados à vista, como a negociação de ações na bovespa, temos também os mercados futuros, cuja duas das funções econômicas básicas são utilizadas largamente nas ferramentas de proteção que serão abordadas, como a transferência de risco e visibilidade futura de preços. Dado o exposto, faz-se então necessária uma breve abordagem teórica do funcionamento destes produtos e os agentes que atuam neste mercado.

A começar pela definição dada por John C. Hull em seu livro *Opções, futuros e Outros Derivativos* (1998), temos que:

*“Derivativo (ou título derivativo) é um instrumento financeiro cujo valor depende dos valores de outras variáveis básicas que o referenciam.”*

Segundo Bessada, Barberdo e Araújo (2000), o início de negociação destes instrumentos mais simples tem registro em 1848 na CBOT ( *Chicago Board Of Trade*) e 1878 em Liverpool. No Brasil a negociação começou na BMSP em 1917, mas esta nomenclatura só começou a ser utilizada por volta de 1970 com a utilização do swap para proteção (*hedge*).

Os derivativos podem ser divididos em dois grandes grupos – os financeiros e não-financeiros. Cujos últimos seriam referenciados em mercadorias como petróleo, soja, café, metais entre outros, e os primeiros seriam referenciados em taxas e índices econômicos, como taxa de juros, câmbio, índices de bolsas, ações e etc...

Existe também a distinção quanto a plataforma de negociação destes títulos, que podem ser feitas em bolsas, cujas funções como fiscalização, regulamentação e garantia de liquidação são executadas pelas mesmas, ou podem ser negociadas no mercado de balcão, onde normalmente os negócios são fechados diretamente entre as partes sem qualquer exigência de padrão a ser seguido.

### **1.1.1 Tipos de Derivativos:**

Ao longo dos anos, a negociação destes vem ganhando cada vez mais liquidez e ficando mais sofisticados, portanto este trabalho se restringirá a comentar os mais conhecidos e líquidos.

#### ***Contratos a Termo***

*“Um contrato a termo é um derivativo particularmente simples. É um acordo de compra ou venda de um ativo em determinada data futura, por preço especificado. O contrato é firmado entre duas instituições financeiras ou entre uma instituição financeira e um cliente corporativo, não sendo em geral negociado em bolsa.” (Hull, 1998,p.01)*

#### ***Contrato Futuro***

O mesmo autor, Hull (1998), define um contrato futuro como sendo uma espécie de contrato a termo, mas que tem a particularidade de normalmente ser negociado em bolsa, a qual padroniza algumas características dos contratos, além de proporcionar o negócio sem que as partes entrem em contato, garantindo o cumprimento do mesmo.

#### ***Swap***

O Banco Central do Brasil, através da resolução 2.138 descreve que os *swaps* seriam:

*“[...] troca dos resultados financeiros decorrentes da aplicação de taxas ou índices sobre ativos ou passivos utilizados como referenciais.”*

O swap é um contrato cuja duas partes firmam entre si, normalmente no mercado de balcão, cuja a liquidação se dá através do pagamento do fluxo de caixa líquido ao ganhador, segundo descreve Bessada, Barbedo e Araújo (2000).

#### ***Opções***

Este tipo de derivativo será abordado com maior enfoque nos próximos capítulos, mas para dar continuidade à didática já estabelecida aqui, abaixo segue uma breve definição adotada por Bessada (2000):

*“...são instrumentos que permitem que o investidor adquira o direito de comprar ou vender um ativo a um preço e data preestabelecidos.”*

### ***1.1.2 Agentes de Mercado***

No mercado existem quatro tipos de agentes, de fundamental importância para que este consiga cumprir com suas funções econômicas. Estes agentes são descritos abaixo:

#### ***Hedger***

Este tipo de agente é caracterizado por procurarem o mercado para transferir o risco de flutuações adversas nos preços de ativos que referenciam os derivativos.

#### ***Especuladores***

*“Os especuladores são agentes econômicos (...), que estão dispostos a assumir os riscos das variações de preços, motivados pela possibilidade de ganhos financeiros.”* Bessada, Barbedo, Araújo (2000)

Os autores complementam a definição mencionando a sua importância para os mercados, dado que estes assumem os riscos que não interessam aos *hedgers*.

#### ***Arbitrador***

São negociadores que operam em mais de um mercado ao mesmo tempo, objetivando garantir um lucro e acabam ajustando os mercados por conta destas operações, nivelando os preços.

Estes agentes têm a importante participação que garante o equilíbrio de mercado, seja entre preços futuros e à vista ou entre diferentes mercados à vista, assim o definem Bessada, Barbedo e Araújo (2000).

## **Market-Maker**

*“Os market-makers (ou especilistas) são agents que cotam preços de compra e venda para derivativos negociados em bolsa. Similarmente ao ‘mercado aberto’<sup>1</sup>, onde instituições financeiras (dealers<sup>2</sup>) necessariamente devem carregar títulos públicos em suas posições com a missão de aumentar o volume de negócios no mercado secundário, os market-makers também devem carregar posições e se especializar em determinados produtos. Dessa forma, garantem boa liquidez ao produto negociado, além de ajudar na formação de preço.”*

### **1.2 Opções**

Dado que o enfoque deste trabalho é a estratégia de seguro dinâmico de portfolio baseado em opções, é necessário um maior detalhamento deste derivativo.

Como já mencionado anteriormente, opções são contratos pelos quais o comprador (titular) obtém via pagamento de um prêmio ao vendedor (lançador) um direito futuro em relação ao ativo-objeto do contrato. Diante de tal prêmio recebido, o vendedor tem uma obrigação futura, caso o titular do contrato deseje executar o seu direito.

Segundo Bessada(2000), data de 1979 o início do mercado organizado de opções no Brasil, negociados na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA). Inicialmente sendo permitida apenas o lançamento (venda) de opções de compra com o depósito do ativo-objeto, isto é, a venda coberta. Após algum tempo houve a substituição desta exigência pela margem de garantia que o lançador passou a ser obrigado a realizar junto a Bovespa.

---

<sup>1</sup> Mercado aberto ou open-market é a designação dada ao mercado onde são negociados os títulos públicos federais.

<sup>2</sup> Dealers são agentes de Mercado, cujo Banco Central exige para que possam atuar no mercado primário, isto é, são os únicos aptos a operar diretamente com o BACEN. Estes também são responsáveis por prover liquidez no mercado secundário.

### ***1.2.1 Conceitos Gerais***

As opções estão basicamente agrupadas em duas classes que divergem unicamente com relação ao período cujo titular pode executar o seu direito:

**Opções européias:** só pode ser executado no vencimento;

**Opções Americanas:** a qualquer momento desde o primeiro dia imediatamente após o lançamento até a data de vencimento inclusive o titular pode executar o seu direito.

Esse tipo de aboragem só é válido para opções simples (do tipo *plain vanilla*), pois existem opções exóticas que podem ser executadas ou deixarem de existir automaticamente diante de um determinado preço atingido pelo ativo-objeto.

Como o leitor já pode ter notado pelas definições apresentadas, as opções podem ser de compra ou venda.

A seguir este trabalho citará alguns termos chaves para facilitar a compreensão e familiarizar o leitor.

**Titular:** Contraparte que adquire a opção através do pagamento do prêmio ao vendedor. Com este pagamento o titular passa a possuir os direitos vinculados ao contrato negociado, podendo executá-los ou não.

**Lançador:** Contraparte vendedora, isto é, este recebe o prêmio pela obrigação futura caso o titular do contrato tenha interesse em utilizar-se de seus direitos. Este fica então obrigado a vender ou comprar o ativo-objeto, caso o titular deseje.

**Prêmio:** Valor de mercado da opção, isto é, preço de negociação na bolsa ou no mercado de balcão.

**Opção de Compra (Call):** Modelo de contrato, cujo titular possui o direito de adquirir do lançador o ativo-objeto a um preço previamente estabelecido.

**Opção de Venda (Put):** Modelo de contrato, cujo titular possui o direito de vender ao lançador o ativo-objeto do contrato a um preço previamente estabelecido.

**Preço de Exercício (Strike):** É o preço pelo qual o ativo-objeto será negociado, caso o titular exerça o seu direito.

**Fechamento de Posição:** Operação pela qual uma das contrapartes se desfaz do contrato, através de negócio em que este assume agora posição inversa a que este possuía, isto é, o comprador se desfaz da operação lançando o mesmo contrato e vice-versa.

Para melhor visualização prática de como funcionam as opções e os resultados inerentes aos envolvidos nesta operação, considere os exemplos e os gráficos (resultado/preço do ativo objeto) que ilustram melhor estas operações.

### ***Opção de Compra (Call)***

Considere uma opção de compra de uma ação X, cujo *strike* é R\$ 50,00 e o prêmio pago pelo titular foi de R\$ 10,00. Logo teremos os gráficos exibidos abaixo, demonstrando os respectivos resultados para o titular e para o vendedor conforme varia o preço de mercado da ação X no mercado à vista.

**Figura 1.1: Compra de Call**

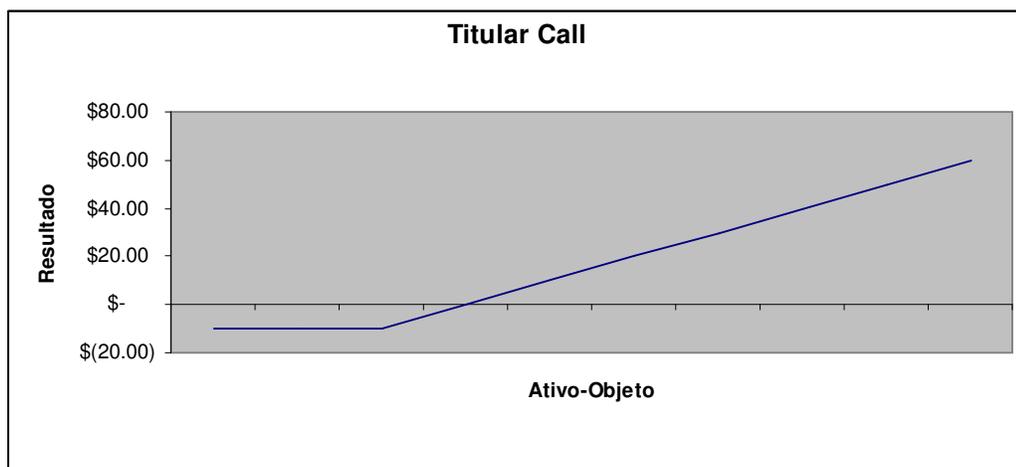
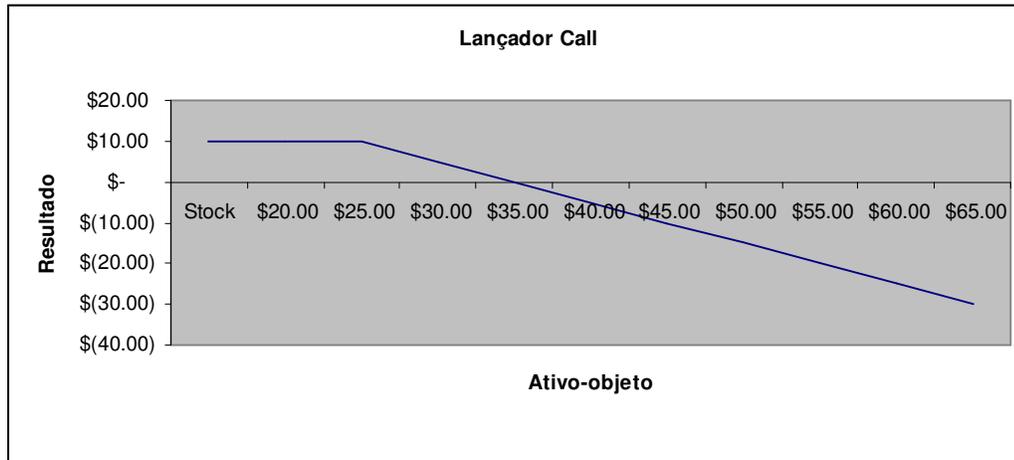


Figura 1.2: Venda de *Call*

Aproveitando o exemplo e os gráficos, vale despertar uma intuição primordial para a definição do preço da *call*.

Supondo que no vencimento desta opção a ação X esteja sendo negociada no mercado à vista por R\$ 70,00, temos que o valor justo a ser pago por esta *call* evitando a arbitragem seria o valor máximo da diferença entre o valor de negócio da ação X e o preço de exercício do contrato, neste caso R\$ 50,00. Logo temos que o valor justo de mercado seria pagar R\$ 20,00 por esta opção. O mesmo raciocínio vale para o caso do valor de mercado da ação X estar abaixo do *strike*, o que geraria um valor negativo para o comprador, que neste caso prefere não desembolsar os recursos e comprar a ação X no mercado à vista, o que levará a *call* a ter valor zero no vencimento.

Sendo assim, temos que no vencimento, a opção de compra sempre valerá o máximo da diferença do preço do ativo-objeto e o preço de exercício<sup>3</sup> ou zero, no caso desta diferença ser negativa.

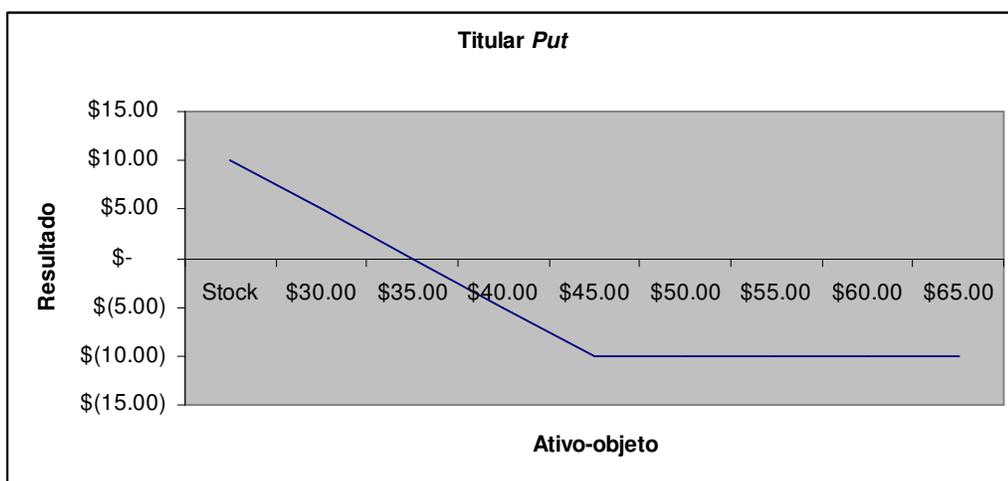
<sup>3</sup> Descartando quaisquer outros custos, sejam eles de transação, margem, custódia e etc...

### ***Opção de Venda (Put)***

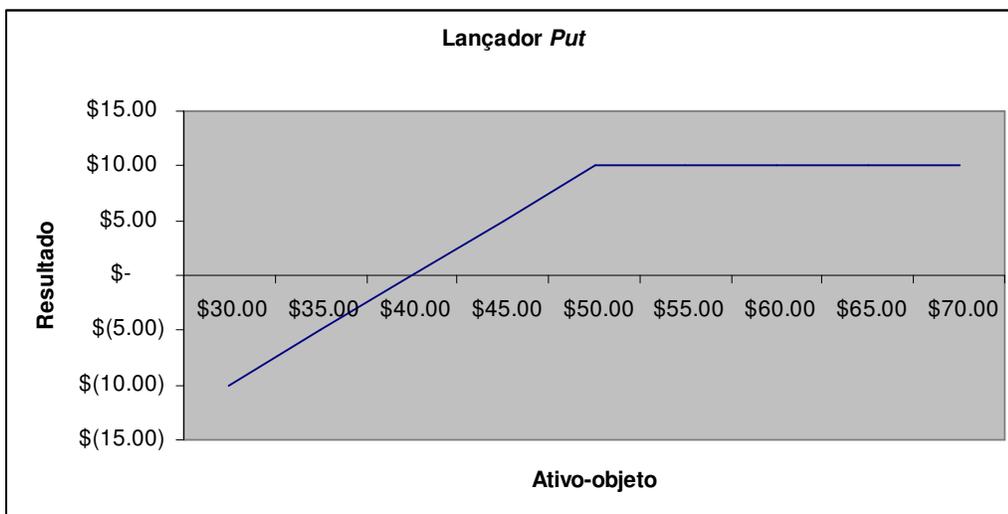
Para facilitar o leitor, considere os mesmos valores, mas agora para uma opção de venda, isto é, o titular terá o direito de executar uma venda a R\$ 50,00 se interessante for e para isso este pagou o prêmio de R\$ 10,00 ao lançador, que fica com o risco da queda de mercado.

Abaixo seguem os gráficos ilustrando o resultado em função do preço de mercado do ativo-objeto.

**Figura 1.3: Compra de Put**



**Figura 1.4: Venda de Put**



Seguindo a mesma linha adotada para a elaboração intuitiva de preços de uma opção de compra, considere a ação X no vencimento valendo R\$ 25,00 e o mesmo *strike* (R\$50,00).

Neste caso teremos que o valor justo desta *put* seria R\$ 25,00, dado que a diferença entre o preço de exercício e o valor de mercado seria esta. Caso o prêmio fosse maior do que este valor, não seria mais interessante ao titular executar o seu direito, pois o mesmo estaria auferindo perdas. Se o valor de mercado de X no vencimento fosse maior do que o preço de exercício, ao titular também mais interessante seria executar uma venda a mercado e não desembolsar nenhum real pela *put*. Logo a lógica do preço da *put* é que esta valerá o máximo da diferença entre o preço do exercício e o valor de mercado do ativo-objeto ou zero, caso esta diferença assuma valor negativo.

### ***1.2.2 Fatores que Afetam na Formação de Preços***

Continuando a gerar uma intuição na formação de preços das opções, na sequência serão descritos as variáveis que influenciam os prêmios.

#### ***Preço de mercado do ativo-objeto***

Está inversamente relacionado ao preço da opção de compra e inversamente proporcional ao prêmio da opção de venda.

#### ***Preço de Exercício***

Quanto maior for o preço de exercício, menor será o prêmio da *call* e maior será o preço da *put*. Dado que quanto maior este for, menor será a chance de ganhos do titular da *call* e maior a do comprador da *put*.

#### ***Taxa de Juros Livre de Risco***

Quanto maior for a taxa básica da econômica, isto é, o custo de oportunidade, maior será o retorno esperado do ativo-objeto e por conseguinte mais caro será o prêmio da *call* e menor o da *put*.

#### ***Tempo até o vencimento***

No caso de uma opção de compra, quanto maior for o período até o vencimento, maior será o valor do prêmio, dado que o ativo terá uma probabilidade maior de bater o preço de exercício. Já no caso de uma *put*, somente faz-se relevante se for europeia, cujo o tamanho do período é inversamente relacionado ao preço.

### ***Volatilidade dos retornos do ativo-objeto***

É diretamente relacionado aos prêmios tanto da *call*, quanto da *put*. Pois esta estimativa de variabilidade do retorno do ativo-objeto aumenta a probabilidade de exercício dos direitos do titular.

### ***Dividendos***

Estes se relacionam de maneira direta aos prêmios da *put* e indiretamente aos preços das opções de compra, pois os dividendos tendem a reduzir o preço da ação após o seu pagamento

### ***1.2.3 Relação de Paridade entre Put e Call***

Para visualizar a paridade é necessária a construção das duas carteiras descritas abaixo:

- carteira A: é formada por uma *call* europeia, mais o valor presente do exercício da opção aplicado a uma taxa livre de risco  $Xe^{-r(T-t)}$  \*;

- carteira B: é formada por uma opção europeia de venda, mais uma ação.

No vencimento temos duas carteiras que valem o máximo entre o valor futuro da ação e o preço de exercício das opções, que neste caso são de mesmo valor.

Dado que estas carteiras só compostas por opções europeias e, por conseguinte só podem ser executadas no vencimento, isto implica em dizer que na data presente elas terão mesmo valor.

Sendo assim, temos a seguinte equação<sup>4</sup>:

$$C + Ke^{-r(T-t)} = P + S$$

---

<sup>4</sup> Caso esta equação não se mostre consistente, significa haver oportunidade de arbitragem.

onde:

$c$  = preço da call europeia

$Ke^{-r(T-t)}$  = valor presente a uma taxa livre de risco que no futuro terá o valor para executar a compra do ativo-objeto.

$p$  = prêmio da put europeia

$S$  = ação

#### **1.2.4 Modelos de Apreçamento**

Antes de dar início aos modelos de apreçamento de opções é conveniente abordarmos ao que os autores do meio chamam de paridade entre *calls* e *puts*. Após elucidar a relação entre as opções este trabalho abordará de maneira simplista 2 modelos que podem ser utilizados para obtenção dos valores dos prêmios e utilizados para montar uma *put* sintética.

##### **Modelo Binomial**

Assim como a literatura especializada em opções, este trabalho elucidará primeiro o modelo mais simples, porém com certa valia para o entendimento de alguns conceitos que serão utilizados no decorrer deste trabalho. Além disso, este modelo de apreçamento é um dos quais o administrador de portfolio poderá utilizar para segurar sua carteira.

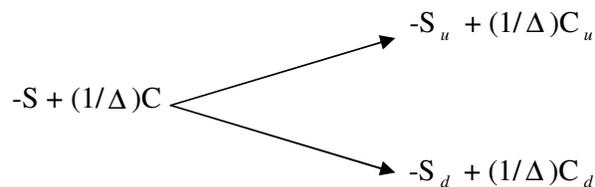
Hull (1998) descreve que o modelo Binomial é uma técnica que utiliza a árvore binomial, representando diferentes trajetórias que o preço do ativo-objeto poderá tomar ao longo da vida do derivativo.

Esta técnica foi desenvolvida em 1979 por dois grupos independentes, Rendleman e Batters; e Cox, Ross e Rubinstein. Para o desenvolvimento deste modelo, adotaram a premissa de que o ativo-objeto segue um processo estocástico binomial de geração de retornos, isto é, o ativo poderia apresentar dois preços no passo seguinte, que seria o movimento de alta ( $S \times u$ )

ou o de baixa ( $S \times d$ ). Onde  $u$  deve ser maior que 1 e  $d$  menor que 1, ou seja, estes seriam os coeficientes multiplicativos de alta e baixa do ativo-objeto. Somada a esta premissa temos que o modelo também considera a taxa de juros dos ativos livre de risco constante até o vencimento e a possibilidade de venda a descoberto, além da inexistência de custos de transação, impostos e outras taxas, requerimentos de garantia.

Considerando as premissas expostas acima, mais uma carteira composta pela venda do ativo-objeto a descoberto ( $-S$ ) e a compra de  $1/\Delta$  opções de compra  $((1/\Delta)C)$ , teremos duas possibilidades ao final do período, como elucidado abaixo pela figura 5:

Figura 1.5: Modelo Binomial.



Supondo ainda que esta carteira não apresente risco, pois tem delta-neutro<sup>5</sup>, o que faz com que em qualquer uma das situações o retorno seja o mesmo. Com isto, em uma situação que não seja possível a arbitragem, qualquer um dos movimentos deve apresentar resultado ao valor inicial da carteira aplicado a uma taxa de juros livre de risco (representado por  $r$ ).

Logo teremos as seguintes igualdades:

$$-S_u + (1/\Delta)C_u = (1 + r) [-S + (1/\Delta)C]$$

ou

$$-S_d + (1/\Delta)C_d = (1 + r) [-S + (1/\Delta)C]$$

Dado que:

<sup>5</sup> Segundo Bessada (2000), uma carteira que possua o delta-neutro, significa dizer que o seu delta é igual a zero e com isso, a carteira não sofrerá variação de valor diante de uma pequena alteração no preço do ativo-objeto.

$$\Delta = (C_u - C_d)/(S_u - S_d)$$

Utilizando as duas igualdades acima, chega-se a fórmula de precificação abaixo:

$$C(1+r) = \frac{1+r-d}{(u-d)/(C_u - C_d)} + C_d$$

Em síntese, como Bessada, Barbedo, Araújo (2000) descrevem, o prêmio da opção será o valor presente a uma taxa de juros livre de seu valor esperado.<sup>4</sup>

### ***Black & Scholes***

Em 1973, Fischer Black e Myron Scholes publicaram o seu trabalho no *Journal of Political of Corporate*. Neste trabalho, baseado no conceito de não arbitragem, foi exposto um dos modelos mais utilizados pelo mercado, como Britten-Jones (1998) relata.

O método desenvolvido pelos autores utiliza uma equação diferencial estocástica, a qual baseia-se em parâmetros estimados para representar a dinâmica do ativo.

Black e Scholes apreçam opções europeias de compra e de venda através da função definida pelo preço do ativo-objeto no mercado a vista, preço de exercício, tempo até o vencimento, taxa de juros dos ativos livre de risco e da volatilidade do retorno do ativo-objeto.

Simplificando como Bessada, Barbedo e Araújo (2000) fazem em sua obra, a opção pode ser definida com a função expressa a seguir:

$$C = f(S, K, T, r, \sigma)$$

Destes parâmetros, todos são facilmente obtidos no mercado, exceto a volatilidade do retorno, que deve ser estimada pelo usuário deste modelo.

O método como já foi dito, usa a lógica de não-arbitragem, utilizando uma estratégia de hedge dinâmico, através do delta-neutro. Logo, se obtém uma aplicação teoricamente sem

risco, que deve ter o mesmo retorno de um ativo financeiro livre de risco, ou melhor dizendo, deve render a taxa básica da economia.

Além deste conceito de não arbitragem, os autores levam em consideração outras premissas, cujos autores do livro Mercado de Derivativos no Brasil, Bessada, Barbedo e Araújo (2000) sintetizam bem nos trechos transcritos abaixo:

*“1 – O preço dos ativos tem distribuição log-normal.*

*Não se pode utilizar a distribuição de retornos (variações percentuais do preço) como normal uma vez que eles não podem cair mais que 100%, já que os preços não podem ser negativos[...]*

*A expressão matemática mais simples para uma distribuição em que a multiplicação e a divisão por um fator são equiprováveis é a de uma distribuição de logaritmos de preços.*

*2- A volatilidade do ativo-objeto é constante até o vencimento da opção.*

*3- A taxa de juros do ativo livre de risco é constante durante a vida da opção*

*[...]*

*5-Não existem custos de transação, impostos ou margens. Adição de qualquer um desses custos modifica a operação de arbitragem utilizada para a derivação da equação de B&S, levando a um intervalo de preços para a opção.*

*6- O ativo-objeto não paga dividendo ou qualquer outro rendimento durante a vida da opção.*

*7- Vendas a descoberto são permitidas e pode-se tomar emprestado ou aplicar qualquer quantia à taxa de juros do ativo livre de risco.*

*8- A negociação com o ativo-objeto é contínua e o ativo é divisível. Essa hipótese permite que se use o modelo em tempo contínuo.”*

Dadas às premissas e as variáveis que afetam o apereçamento, a fórmula final<sup>6</sup> é citada abaixo:

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)$$

E

$$P = Ke^{-rt}N(-d_2) - SN(-d_1)$$

Onde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/K) + (r - \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}} \text{ ou } d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Para um entendimento mais intuitivo do modelo, conforme Lemgruber (95) sugere,  $SN(d_1)$  pode ser visto como sendo o valor esperado do ativo-objeto no vencimento, condicionados as chances de exercício da opção, trazidos a valor presente. Já  $Ke^{-rt}N(d_2)$  deve ser interpretado como sendo o valor presente esperado do *strike* para todas as possibilidades de exercício.

Mesmo sendo um modelo bastante difundido, este apresenta algumas restrições, como relatam Bessada, Barbedo e Araújo (2000):

*“(...) existem alguns vieses sistemáticos, já amplamente estudados, associados a ao modelo: o subapereçamento de opções out-of-the money, o subapereçamento de opções de ações com baixa volatilidade e o subapereçamento de opções com curto tempo para o vencimento.”*

---

<sup>6</sup> Estas formulas dizem respeito a opções euopéia sem pagamento de dividendos. Para um maior aprofundamento e visualização de situações de dividendos e custos procurar Hull (1998).

### 1.2.5 Letras Gregas

As letras gregas são medidas de sensibilidade das opções, em relação as mudanças nos parâmetros determinantes dos prêmios, como preço do ativo-objeto, tempo até o vencimento, taxa de juros e a volatilidade do ativo-objeto. Por conta disso estas inferências são de extrema importância na gestão de risco que utilizam-se de opções sintéticas ou estão *hedgendo* opções.

A estratégia de seguro dinâmico alvo deste trabalho se baseia numa gestão de risco, denominada delta-neutro, mas muitos estudos têm evoluído no sentido de neutralizar mais um dos fatores de risco, minimizando cada vez mais os riscos do portfolio segurado.

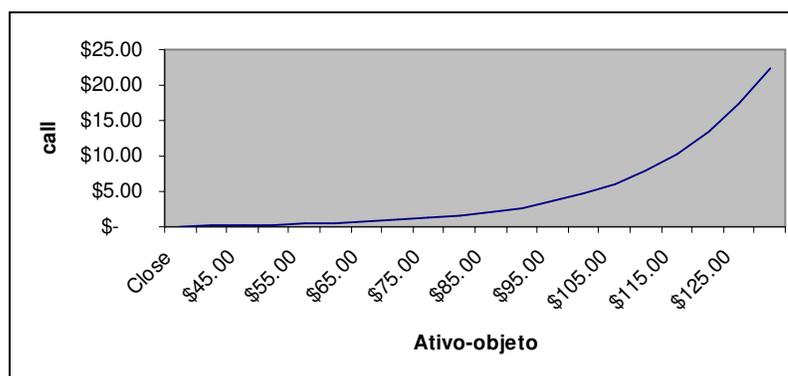
Existem cinco letras gregas, a saber, delta ( $\Delta$ ), gama ( $\Gamma$ ), teta ( $\Theta$ ), veja ( $\vartheta$ ) e rhô ( $\rho$ ).

#### Delta ( $\Delta$ )

Bessada, Barbedo e Araújo (2000) definem esta grega como sendo a taxa de variação do preço da opção em relação a uma pequena alteração no preço do ativo-objeto mantendo-se todos os outros parâmetros constantes, ou seja, o  $\Delta$  é a derivada parcial do preço da opção em relação ao preço do ativo-objeto.

Em um gráfico que relacione preço do ativo-objeto com o preço da opção, o delta nada mais é do que a inclinação da curva.

Figura 1.6: Relação entre preço de uma *call* e o seu ativo-objeto



Utilizando a equação de Black & Scholes para precificar opções européias que não pagam dividendos\*, os  $\Delta$ s das *calls* e *puts* seguem abaixo:

$$\Delta_c = N(d_1)$$

E

$$\Delta_p = N(d_1) - 1$$

Onde:

$\Delta_c$  = Delta da *Call* européia sem dividendos

$\Delta_p$  = Delta da *Put* européia sem dividendos

Uma intuição importante quanto ao delta das opções é transcrita abaixo da obra *Mercado de Derivativos no Brasil* de Bessada, Barbedo e Araújo(2000):

*“Podemos observar que as opções extremamente fora-do-dinheiro possuem o delta próximo a zero, ou seja, uma pequena mudança no preço do ativo-objeto de uma opção com essa proximidade do dinheiro não faz com que o prêmio da opção se altere significativamente. À medida que a opção se torna mais dentro-do-dinheiro o seu delta aumenta, chegando a 1 para opções extremamente dentro-do-dinheiro. Portanto o delta aumenta quanto mais dentro-do-dinheiro está a opção. Assim sendo, o delta pode ser utilizado para a classificação das opções quanto à proximidade do dinheiro [...]”*

### **Gama ( $\Gamma$ )**

Esta medida de risco é definida como a taxa de variação do delta em relação ao preço do ativo-objeto. Assim se o gama for pequeno, as alterações no delta serão mais lentas, o que facilitaria mantê-lo neutro no caso do *delta-hedge*, podendo fazer o rebalanceamento da carteira com um espaço de tempo maior. Hull (1998) complementa dizendo que caso

contrário aconteça o mais recomendado é um rebalanceamento da carteira com uma maior frequência.

O gama de uma opção européia de compra/venda sem dividendos pode ser encontrado através da fórmula que segue:

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{T-t}}$$

Onde:

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-d_1^2/2}$$

S= preço do ativo-objeto

$\sigma$  = volatilidade do ativo-objeto

$\sqrt{T-t}$  = raiz quadrada do período de tempo aferido

### **Teta ( $\Theta$ )**

O teta pode ser entendido como a taxa de variação do prêmio da opção em relação ao tempo, o que significa dizer que esta grega é igual a derivada parcial do preço em relação ao tempo, mantendo-se todas as outras variáveis constantes.

Esta grega denota uma propriedade das opções, denominada de emagrecimento, como abordam Bessada, Barbedo e Araújo (2000). Essa propriedade diz respeito a perda de valor da opção com o passar do tempo, dado que quanto menor o tempo, menos incerteza se tem em relação ao preço do ativo-objeto. Por conta disso, o teta é sempre negativo, pois não há incerteza quanto a passagem do tempo, tornando-se assim a única medida de risco determinística.

Utilizando ainda como base a equação de Black & Scholes, o teta segue definido abaixo:

Para uma *call*:

$$\Theta_c = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rKe^{-rt}N(d_2)$$

Para uma *put* como:

$$\Theta_p = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} + rKe^{-rt}N(d_2)$$

### **Vega ( $\vartheta$ )**

O vega é a medida de sensibilidade do valor da carteira em relação à volatilidade do ativo-objeto, o que significa dizer que quanto maior este for, mais será alterado o valor da carteira diante de uma pequena mudança na volatilidade do ativo-objeto.

Independente se for *call* ou *put* o vega sempre será positivo, pois como já visto anteriormente, quanto maior a volatilidade, maior será a probabilidade da opção ser executada e com isso maior será o prêmio. Esta grega possui uma relação com o tempo também, pois quanto maior for período para o vencimento maior será a sensibilidade do prêmio em relação à volatilidade.

Como a maioria das gregas, o vega é obtido através da primeira derivada parcial. Neste caso sendo do prêmio em relação à volatilidade ( $\sigma$ ).

Logo por Black & Scholes temos tanto para *calls* e *puts* sem pagamento de dividendos a fórmula abaixo:

$$\vartheta = S\sqrt{t}N'(d_1)$$

### **Rhô ( $\rho$ )**

Segundo Hull (1998), o Rhô pode ser definido como a taxa de variação do valor em relação à taxa de juros.

Derivando a equação de Black & Scholes encontramos as equações abaixo para *calls* e *puts*:

$$\rho_c = X(T-t)e^{-r(T-t)}N(d_2)$$

E

$$\rho_p = -X(T-t)e^{-r(T-t)}N(d_2)$$

Onde:

$\rho_c$  = Rhô da opção européia de compra sem dividendos

$\rho_p$  = Rhô da opção européia de venda sem dividendos

X = Preço de exercício

### ***1.2.6 Opções Sintéticas***

As opções sintéticas merecem especial enfoque, pois as mesmas permitem não somente *hedgear* opções, como também executar a estratégia *Option Based Portfolio Insurance* (OBPI) em situações cujo administrador de carteira não encontra no mercado a *put* nos moldes que deseja.

Esta dificuldade com relação à liquidez das opções de venda ainda é nítida no mercado de opções brasileiro, como Bessada, Barbedo e Araújo (2000) relatam. Essa falta de liquidez advém dos tempos de hiper-inflação, quando os preços de exercício eram facilmente superados e os agentes de mercado não conseguiam modelar com exatidão a inflação do período.

Para elaboração da *put* sintética utiliza-se o conceito de hedge dinâmico, que busca manter o delta-neutro por um curto período de tempo, mas para isso, exige-se um rebalanceamento constante dos componentes da carteira composta pela *put* sintética, visto que o  $\Delta$  se altera com a variação do preço do ativo-objeto.

Para dar início a construção das opções sintéticas, é importante que o leitor tenha em mente a técnica utilizada por Black & Scholes no momento em que desenvolveram a sua equação de apreçamento de opções. Hull (1998) em sua obra, diz que Black & Scholes elaboraram sua fórmula de apreçamento de opções em curto período de tempo, partindo-se do pressuposto que se obtivessem uma carteira com delta-neutro, o retorno desta deveria ser igual à taxa de juros dos ativos livres de risco.

Logo a partir da fórmula em (x.x), B&S dizem que o valor de uma *put* é igual a uma carteira composta por ativos livres de risco mais uma fração do ativo-objeto vendidos a descoberto.

Simplificando como Lemgruber, Becke e Felício (1991) a *put* sintética pode ser vista da maneira abaixo:

$$[+P_t] \equiv \{P_t + \Delta_t S_t\} + [-\Delta_t S_t]$$

Onde:

$[+P_t]$  = Preço da *put* européia sem dividendos.

$\{P_t + \Delta_t\}$  = Aplicação financeira livre de risco no valor de uma *put* européia sem dividendos mais delta vezes o ativo-objeto.

$[-\Delta_t S_t]$  = Delta vezes o ativo-objeto vendidos a descoberto

Igualando os termos da equação acima a fórmula de B&S:

$$\{P_t + \Delta_t\} = [Xe^{-rT} N(-d_2)]$$

E

$$[-\Delta_t S_t] = [-S_t N(-d_1)]$$

Segundo Hull(1998) a opção sintética pode ser obtida de duas maneiras, ou vendendo a descoberto o ativo-objeto no Mercado a vista ou através de contratos futuros, sendo que os custos de transações costumam ser menores na segunda alternativa.

Nesta técnica algumas dificuldades são vistas na prática como sugere Lemgruber (1991), tais como a dificuldade de estimação de valor da *put* e seu  $\Delta$  quando ela não existir no mercado de opções. Além destes problemas, existem na prática os custos de transação que são ignorados pelo modelo, por isso, os gestores devem ter cuidado ao determinar o período mínimo de rebalanceamento da carteira em função do  $\Delta$ .

Com o intuito de minimizar esta última dificuldade, muitos trabalhos vieram testando modelos, cujo objetivo é a neutralização do delta e do gama, o que incidiria em custos menores. Esta estratégia baseia-se na neutralização do gama através de compra de *calls* sobre o mesmo ativo-objeto.

## ***CAPÍTULO 2 - SEGUROS DE PORTFOLIO***

Mesmo sendo OBPI o objetivo deste estudo, faz-se necessária a explanação de outras técnicas de *hedge*, pois estas servirão como base analítico-comparativa.

Dentre as técnicas de *hedge*, existe uma diferenciação quanto à dinamicidade de operações envolvendo os componentes da carteira durante a vigência do *hedge*. Os modelos são divididos em seguro estático (*hedge* estático) ou seguro dinâmico.

Essa dinamicidade tem como estratégica obter carteiras com perdas limitadas, sem oferecer restrição aos ganhos, diferentemente do *hedge* estático feito com futuros, cujo retorno será a taxa de juros livre de risco, como aborda Valmont (2004).

### **2.1 Hedge Estático**

O *hedge* estático com futuros, consiste basicamente em assumir uma posição contrária ao ativo que pretende-se segurar no mercado de futuros. Hull(1998) o divide os em *hedge* de venda e *hedge* de compra, sendo o primeiro uma posição detentora de um ativo no futuro e uma posição vendida no mercado de futuros; e o segundo o inverso disto.

O mesmo autor vai além avaliando o seu resultado para o investidor que utiliza-se da técnica:

“ É importante reconhecer que o *hedge* com futuros não melhora, necessariamente, o resultado financeiro global. De fato, é possível que ele piore esse resultado metade das vezes. O que um *hedge* com futuros faz é reduzir o risco, tornando o resultado mais certo.”

Existem três razões principais pelas quais não obtém um resultado perfeito na prática, como sugere Hull no trecho transcrito acima. Estas razões seguem descritas:

1 – O ativo subjacente ao contrato futuro pode não ser o mesmo que está sendo *hedgeado*<sup>7</sup>.

2- A falta de precisão em relação ao tempo quanto a posse ou venda do ativo que será segurado.

3- Possibilidade de encerramento do contrato do futuro antes do seu vencimento.

Por conta deste entraves, surge o risco de base, que nada mais é do que a diferença entre o preço do ativo a ser *hedgeado* e o preço do contrato futuro no mesmo instante de tempo.

A base tende a se fortalecer, isto é, aumentar, quando o preço a vista cresce mais do que o preço futuro e a mesma se enfraquecerá quando o inverso ocorrer com os preços.

Normalmente o risco de base para ativos financeiros<sup>6</sup> é menor por conta da arbitragem, que evita o descolamento dos preços.

Nesta técnica existe uma razão para o hedge ótimo que deve ser utilizada na hora de negociar os contratos futuros, pois muitas das vezes a proporcionalidade não será de 1 para 1, o que significa que o ativo a ser segurado pode ter uma quantidade maior ou menor do que a negociado no contrato futuro. Para tanto HULL, 98 descreve a fórmula de hedge ótimo como sendo a razão entre o desvio padrão ( $\Delta S$ ) e o desvio padrão de ( $\Delta F$ ), multiplicado pelo coeficiente de correlação entre  $\Delta S$  e  $\Delta F$ .

$$h = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}$$

Sabendo que:

$h$  = Razão de hedge ótimo

$\rho$  = Coeficiente de correlação entre  $\Delta S$  e  $\Delta F$

$\sigma_S$  = Desvio-padrão ( $\Delta S$ )

---

<sup>7</sup> Um exemplo típico deste caso seriam as empresas de transporte aéreo, que costumam utilizar-se de contratos futuros de petróleo para *hedgear* o querosene, que é o combustível que as aeronaves utilizam.

$\sigma_F$  = Desvio-padrão de ( $\Delta F$ )

Figura 2.2 (HULL) – A dependência da variância da posição do hedger à razão de hedging

## 2.2 Seguros Dinâmicos de Portfolio

Novas técnicas surgem com o passar do tempo, como consequência de um mercado financeiro global mais desenvolvido e do interesse em oferecer fundos com perdas limitadas ou capital garantido pelos gestores de recursos, principalmente na Europa e nos EUA. Aqui no Brasil os fundos de capital garantido ainda continuam com um montante inexpressivo<sup>8</sup> ANBID, por conta dos fundos de renda-fixa ainda apresentarem uma rentabilidade bastante elevada. Mas tudo indica que esta indústria virá a ganhar força com o recente patamar da SELIC<sup>9</sup>.

Na seqüência serão abordadas as principais estratégias dinâmicas de seguro de portfolio, que são: *Stop Loss Orders*, *Constant Proportion Portfolio Insurance* (CPPI), *Constant Return Portfolio Insurance* (CRP) e *Option Based Portfolio Insurance* (OBPI).

### 2.2.1 STOP LOSS

Essa estratégia é muito simplista e consiste na determinação diária de um preço, que funcionaria como piso para negociação dos ativos. Esse preço seria o valor presente segurado, descontado a taxa de juros dos ativos livre de risco.

<sup>8</sup> Em 2008 a indústria de fundos de capital garantido detinham em gestão aproximadamente R\$ 2,3 bilhões, segundo a Associação Nacional dos Bancos de Investimento (ANBID).

<sup>9</sup> Atualmente a meta estipulada pelo comitê de política monetária, em sua última reunião, foi de 9,25%a.a.

Essa técnica tem como objetivo utilizar este preço para realocar os recursos dos ativos com risco que compõem a carteira em títulos de renda-fixa a medida que a carteira for ficando abaixo do piso diário estipulado.

Como consequência, o investidor que utiliza-se desta técnica obtém uma carteira protegida, mas sem chances de aproveitar os lucros posteriores a uma recuperação dos ativos com risco. Isso se dá pelo fato da alteração prevista ser somente uma, isto é, a carteira só sofrerá alteração em um sentido, que será a migração para o ativo livre de risco, como relata Rubstein (1985).

### **2.2.2 CPPI**

O modelo foi exposto ainda de maneira meio simplista em 1986 por Perold, mas veio sendo elaborado e estudado nos anos seguintes, por Black e Roubhani (1989) e Black e Perold (1992).

Segundo Bertrand (2004), este método se baseia em uma alocação dinâmica, na qual o investidor começa por escolher um piso igual ao menor valor tolerado que a carteira poderia assumir. Em cima deste valor mínimo calcula-se o *colchão*, que será a diferença entre o valor do portfolio e o *piso*. Após a determinação destes dois valores, o investidor encontrará sua exposição em ativos livres de risco (exposição) como produto do colchão por um múltiplo pré-determinado, deixando os recursos restantes (reserva ou colchão) aplicados em ativos livre de risco. Inicialmente o *colchão*, o múltiplo, o *piso* serão escolhidos de acordo com o nível de risco que o investidor está disposto a assumir.

Em um mercado de alta, o ativo de risco tem o seu valor aumentado e com isso o colchão também cresce, fazendo o investidor adquirir mais ativos de risco e se desfazer de parte de seus ativos livres de risco. A lógica inversa é executada quando o mercado está em um momento de queda.

Uma grande vantagem deste modelo, como aborda **Valmont (2004)** é a adaptabilidade da estratégia ao nível de aversão a risco do investidor, através da determinação do múltiplo, sendo este maior quanto menor for a aversão a risco do gestor da carteira.

### **2.2.3 OBPI**

Como Bertrand (2004) aborda em seu artigo, esta é umas das estratégias mais populares do mundo e foi introduzida por Leland e Rubinstein (1976). Basicamente consiste em montar uma carteira composta por ativo-objeto mais uma opção de venda relacionada. O valor assegurado será igual ao preço de exercício da *put*, ou seja, no vencimento a carteira não poderá valer menos do que este valor assegurado pela *put*.

Mas, esta estratégia pode ser exercida de duas maneiras distintas, isto é, pode ser através de uma carteira composta pelo ativo-objeto mais uma *put* ( $P + S$ ) ou através de uma carteira cuja alocação estará dividida em *call* e ativo livre de risco ( $Xe^{-rt} + C$ ).

Essas duas formas de aplicação podem ser entendidas olhando para a relação de paridade entre *put* e *call* já mencionada neste trabalho.

Porém existe a possibilidade do gestor da carteira utilizar opções sintéticas para realizar o seguro. Hull (1998) menciona os prováveis motivos para adoção da *put* sintética:

*“Há dois motivos pelos quais poderá ser mais atrativo ao administrador desenvolver a opção de venda necessária sinteticamente, em vez de comprá-la no mercado. O primeiro é que os mercados de opções nem sempre tem liquidez para absorver as operações que os administradores de recursos gostariam de executar. O segundo é que eles precisam de preços e datas de exercícios diferentes dos disponíveis nos mercados de opções.”*

A *put* sintética em uma equação simplista utilizada por Lemgruber, Becker e Felício (1991) segue explicitada:

$$[+P] = \$(P + \Delta S) + [-\Delta S]$$

Continuando o racicínio, Lemgruber, Becker e Felício (1991) chegam a composição da carteira segurada, cuja alteração do  $\Delta$ , conforme a variação do preço do ativo-objeto, exige que ocorra um rebalanceamento contínuo com o intuito de manter o delta-neuto.

$$[P + S] \equiv \$(P + \Delta S) + [-\Delta S] + [+S]$$

Simplificando:

$$[P + S] \equiv \$(P + \Delta S) + [(1 - \Delta)S]$$

O rebalanceamento perfeito deveria ser feito continuamente, mas como existem custos de transação, a maioria dos autores que aborda o tema sugere que esta política deva ser feita diariamente.

Diante destes custos de transação, o mercado costuma utilizar mais os contratos futuros para praticar o rebalanceamento, por conta dos custos menores se comparados ao mercado a vista, relatam Lemgruber, Becker e Felício (1991).

Uma forma resumida de entender o funcionamento desta carteira é mencionado por HULL(1998):

*“A montagem dessa estratégia para obter seguro da carteira significa que, a qualquer tempo, os recursos ficam divididos entre carteira de ações para a qual o seguro é necessário e os ativos livres de risco. Com a valorização da carteira original, os ativos livres de risco são vendidos e a posição na carteira de ações é aumentada. Com a desvalorização da carteira original, a posição na carteira de ações é diminuída e os ativos livres de risco são adquiridos.”*

#### **2.2.4 CRPI**

Com o intuito de acabar com o pagamento do prêmio no OBPI quando utilizada a put sintética, Zimmermann (1996) e mais tarde Lemgruber (1999) elaboraram incrementos ao portfólio com o intuito de acabar com o pagamento deste prêmio, abrindo mão de um pedaço do retorno em uma situação de alta de mercado.

Basicamente a idéia inicial é vender *calls* em volume satisfatório para cobrir o valor da *put*, deixando o investidor somente com o custo de aquisição do ativo-objeto.

Lemgruber sugere o mesmo resultado através da reversão da put em uma posição comprada em ativos livre de risco mais *calls*.

Ilustrando melhor segue a fórmula abaixo:

$$S + P - \alpha C = Xe^{-rt} + \beta C$$

*Dado que:*

$$\alpha = P / C$$

$$\beta = (1 - \alpha)$$

Conforme demonstrado acima, ou o investidor aplica no ativo-objeto mais a *puts*, menos o lançamento de *calls* ou somente aloca os recursos em ativos livre de risco mais *calls*, visto que financeiramente os dois lados da equação terão o mesmo resultado.

### **2.3 Considerações Sobre OBPI**

Após a apresentação das estratégias de proteção de portfólio, cabem algumas considerações.

Como relata Valmont (2004), entre vários estudos feitos, nenhum deles obteve algum resultado que traduzisse a superioridade de alguma das técnicas perante as outras. Porém a técnica de OBPI é uma estratégia mais simples do que a de CPPI, computacionalmente, além de poder ser executada em diferentes mercados.

Existem algumas dificuldades que podem surgir quando for utilizada a opção sintética na elaboração da estratégia de OBPI. As principais seriam os “saltos” nos preços do ativo-objeto em momentos de stress, a volatilidade inconstante e de difícil estimação, além dos custos de transação provenientes do rebalanceamento da carteira.

Rubinstein (1985) relata a dificuldade da estimação da  $\sigma$  (volatilidade), como responsável pela diferença nos resultados entre a *put* sintética e a opção de fato.

Abken (1987) sugere que para minimizar o problema da  $\sigma$ , esta deveria ser revista a cada rebalanceamento, antes de executá-lo.

No mercado brasileiro existe também o problema quanto à taxa de juros dos ativos livres de risco, que apresenta maior volatilidade do que nos mercados desenvolvidos e por isso uma dificuldade excepcional na hora de inserir sua estimação no modelo OBPI.

### ***CAPÍTULO 3 - ESTUDO DE CASO***

Este trabalho procurou aplicar a estratégia OBPI para segurar uma carteira de 1000 ações PNA da Cia Vale do Rio Doce, no período que começava no dia primeiro de fevereiro de 2008 e se encerraria em primeiro de abril.

É válido ressaltar que para este estudo de caso, foram desconsiderados os custos de transação e solicitações de garantia, pois o intuito era verificar o funcionamento do modelo teórico com valores reais, mas sem, no entanto desconsiderar algumas premissas que pudessem vir a afetar substancialmente o resultado.

Como o mercado acionário brasileiro ainda não possui liquidez suficiente para opções de venda, por isso a estratégia foi executada utilizando-se de uma *put* sintética.

A tabela 3.1 ilustra a estratégia com rebalanceamento diário dos ativos pelo preço de fechamento da VALE5. Vale ressaltar que para estes cálculos, foi considerada a meta da taxa selic do período (11,25% a.a.) como taxa de remuneração dos ativos livres de risco, sendo esta constante durante a simulação. A volatilidade utilizada para o cálculo do prêmio da *put*, foi aproximadamente a volatilidade implícita do mercado para a *call* (VALED48), uma das poucas com liquidez na data de início, isto é, aproximadamente de 40% e também foi mantida constante até o final da simulação.

O resultado obtido ao tentar segurar a carteira em R\$47 mil foi uma carteira líquida de R\$ 48.675,21, pois a carteira com as mil ações cotadas a R\$51,90, teve que sofrer dois descontos. Sendo o primeiro referente ao prêmio da *put* valorizado pela taxa livre de risco, já que este desembolso feito pelo gestor na data inicial tem que pagar o custo de oportunidade destes recursos. O segundo custo a ser descontado se deve ao desembolso feito pelo gestor no dia 31 de março, pois a carteira livre de risco não era suficiente para cobrir a aquisição das ações que o rebalanceamento exigia. Este desembolso se deve principalmente a volatilidade da ação e

para evitar este problema, o desembolso deveria ter sido feito com mais frequência ou utilizar a estratégia de delta-gama-neutro, que permitiria um espaço maior entre os rebalanceamentos.

Tabel 3.1: OBPI – VALES

Δt	Data	VALE5	Δ put	Ações Carteira	Ações Vendidas	Risco	Caixa	Total	Custo	Saldo
39	1-Feb-08	\$ 47.00	-0.425	575	425	\$27,025.00	\$22,509.271	\$49,534.27	\$ 2,534.27	\$47,000.00
38	6-Feb-08	\$ 45.70	-0.497	503	497	\$22,987.10	\$ 25,809.20	\$48,796.30	\$ 2,535.34	\$46,260.95
37	7-Feb-08	\$ 44.59	-0.563	437	563	\$19,485.83	\$28,763.056	\$48,248.89	\$ 2,536.42	\$45,712.47
36	8-Feb-08	\$ 45.40	-0.519	481	519	\$21,837.40	\$ 26,777.63	\$48,615.03	\$ 2,537.49	\$46,077.54
35	11-Feb-08	\$ 47.05	-0.426	574	426	\$27,006.70	\$22,413.308	\$49,420.01	\$ 2,538.56	\$46,881.45
34	12-Feb-08	\$ 47.59	-0.397	603	397	\$28,696.77	\$ 21,042.68	\$49,739.45	\$ 2,539.64	\$47,199.82
33	13-Feb-08	\$ 47.82	-0.385	615	385	\$29,409.30	\$20,477.746	\$49,887.05	\$ 2,540.71	\$47,346.33
32	14-Feb-08	\$ 47.42	-0.408	592	408	\$28,072.64	\$ 21,577.07	\$49,649.71	\$ 2,541.79	\$47,107.92
31	15-Feb-08	\$ 46.50	-0.463	537	463	\$24,970.50	\$24,143.702	\$49,114.20	\$ 2,542.86	\$46,571.34
30	18-Feb-08	\$ 48.86	-0.327	673	327	\$32,882.78	\$ 17,508.96	\$50,391.74	\$ 2,543.94	\$47,847.80
29	19-Feb-08	\$ 48.62	-0.340	660	340	\$32,089.20	\$18,148.427	\$50,237.63	\$ 2,545.01	\$47,692.61
28	20-Feb-08	\$ 50.25	-0.254	746	254	\$37,486.50	\$ 13,834.61	\$51,321.11	\$ 2,546.09	\$48,775.01
27	21-Feb-08	\$ 50.10	-0.259	741	259	\$37,124.10	\$14,090.960	\$51,215.06	\$ 2,547.17	\$48,667.89
26	22-Feb-08	\$ 51.15	-0.208	792	208	\$40,510.80	\$ 11,488.27	\$51,999.07	\$ 2,548.25	\$49,450.83
25	25-Feb-08	\$ 51.24	-0.201	799	201	\$40,940.76	\$11,134.454	\$52,075.21	\$ 2,549.33	\$49,525.89
24	26-Feb-08	\$ 51.15	-0.202	798	202	\$40,817.70	\$ 11,190.32	\$52,008.02	\$ 2,550.40	\$49,457.61
23	27-Feb-08	\$ 51.35	-0.190	810	190	\$41,593.50	\$10,578.850	\$52,172.35	\$ 2,551.48	\$49,620.87
22	28-Feb-08	\$ 52.50	-0.140	860	140	\$45,150.00	\$ 7,958.33	\$53,108.33	\$ 2,552.56	\$50,555.76
21	29-Feb-08	\$ 49.86	-0.258	742	258	\$36,996.12	\$13,845.174	\$50,841.29	\$ 2,553.64	\$48,287.65
20	3-Mar-08	\$ 49.64	-0.267	733	267	\$36,386.12	\$ 14,297.79	\$50,683.91	\$ 2,554.72	\$48,129.19
19	4-Mar-08	\$ 48.71	-0.324	676	324	\$32,927.96	\$17,080.313	\$50,008.27	\$ 2,555.80	\$47,452.47
18	5-Mar-08	\$ 49.59	-0.264	736	264	\$36,498.24	\$ 14,112.14	\$50,610.38	\$ 2,556.89	\$48,053.49
17	6-Mar-08	\$ 48.53	-0.332	668	332	\$32,418.04	\$17,418.152	\$49,836.19	\$ 2,557.97	\$47,278.22
16	7-Mar-08	\$ 47.95	-0.375	625	375	\$29,968.75	\$ 19,487.37	\$49,456.12	\$ 2,559.05	\$46,897.07
15	10-Mar-08	\$ 46.06	-0.536	464	536	\$21,371.84	\$26,911.278	\$48,283.12	\$ 2,560.13	\$45,722.98
14	11-Mar-08	\$ 48.49	-0.328	672	328	\$32,585.28	\$ 16,836.75	\$49,422.03	\$ 2,561.22	\$46,860.81
13	12-Mar-08	\$ 48.30	-0.341	659	341	\$31,829.70	\$17,471.770	\$49,301.47	\$ 2,562.30	\$46,739.17
12	13-Mar-08	\$ 48.55	-0.317	683	317	\$33,159.65	\$ 16,313.96	\$49,473.61	\$ 2,563.38	\$46,910.23
11	14-Mar-08	\$ 48.61	-0.307	693	307	\$33,686.73	\$15,834.766	\$49,521.50	\$ 2,564.47	\$46,957.03
10	17-Mar-08	\$ 47.70	-0.389	611	389	\$29,144.70	\$ 19,752.87	\$48,897.57	\$ 2,565.55	\$46,332.01
9	18-Mar-08	\$ 44.26	-0.759	241	759	\$10,666.66	\$36,137.425	\$46,804.08	\$ 2,566.64	\$44,237.44
8	19-Mar-08	\$ 44.20	-0.781	219	781	\$ 9,679.80	\$ 37,125.12	\$46,804.92	\$ 2,567.73	\$44,237.19
7	20-Mar-08	\$ 44.20	-0.800	200	800	\$ 8,840.00	\$37,980.625	\$46,820.63	\$ 2,568.81	\$44,251.81
6	24-Mar-08	\$ 46.30	-0.567	433	567	\$20,047.90	\$ 27,208.80	\$47,256.70	\$ 2,569.90	\$44,686.80
5	25-Mar-08	\$ 47.58	-0.388	612	388	\$29,118.96	\$18,703.490	\$47,822.45	\$ 2,570.99	\$45,251.46
4	26-Mar-08	\$ 49.75	-0.117	883	117	\$43,929.25	\$ 5,229.15	\$49,158.40	\$ 2,572.07	\$46,586.33
3	27-Mar-08	\$ 50.00	-0.071	929	71	\$46,450.00	\$ 2,931.367	\$49,381.37	\$ 2,573.16	\$46,808.20
2	28-Mar-08	\$ 50.20	-0.029	971	29	\$48,744.20	\$ 824.21	\$49,568.41	\$ 2,574.25	\$46,994.16
1	31-Mar-08	\$ 50.79	0.000	1000	0	\$50,790.00	\$ (648.354)	\$50,141.65	\$ 2,575.34	\$47,566.30
0	1-Apr-08	\$ 51.90	0.000	1000	0	\$51,900.00	\$ -	\$51,900.00	\$ 2,576.43	\$49,323.57

#### ***CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS***

Mesmo diante de todas as dificuldades apresentadas pelo mercado financeiro brasileiro para a implementação da estratégia de seguro dinâmico de portfolio, baseado em opções sintéticas, este trabalho mostrou ser possível construí-lo sem grandes dificuldades computacionais. Porém, foi necessária a manutenção de algumas premissas que fatalmente afetariam o resultado da estratégia, como a utilização da volatilidade constante durante todo o período segurado e a isenção de custos de transação e exigências de garantias.

O problema da estimação de volatilidade de fato tem peso relevante nesta estrutura, tanto por conta da determinação do delta, quanto para estimar o intervalo ideal de rebalanceamento da carteira. Estes dois fatores influem diretamente nos custos de transação que foram excluídos do estudo de caso, mas que dariam um peso negativo ao modelo.

Portanto, mesmo que teoricamente o modelo funcione bem, como visto pelo estudo de caso, este pode ser aprimorado para reduzir o impacto das dificuldades impostas pelo mercado brasileiro, seja através de técnicas como a neutralização do gama em conjunta com o delta, ou por uma melhor estimação de volatilidade ou revisão constante da volatilidade inserida no modelo, antes de se efetuar o rebalanceamento da carteira.

Estamos vivendo um cenário que não ajuda no abrandamento provocado pela dificuldade de estimação da volatilidade, mas novos estudos sugerem diferentes maneiras de se construir uma *put* sintética, neutralizando os outros riscos, isto é, as outras gregas e com isso teríamos opções sintéticas com resultados não tão distantes das opções de mercado em períodos de maior stress no mercado, quando os preços tendem a dar saltos ou mesmo variar muito rápido, exigindo uma maior dinamicidade do gestor da carteira. Com isso, espera-se que a indústria de fundos de investimento comecem a fazer uso de tais ferramentas para conquistar o aplicador com uma moderada aversão a risco, visto que a taxa de juros dos ativos livres de

risco da economia, que antes propiciavam um bom retorno com baixíssimo risco, hoje estão em forte declínio.

## ***CAPÍTULO 5 - BIBLIOGRAFIA***

Abken, P.A. An Introduction to Portfolio Insurance. Federal Reserve Bank of Atlanta  
Economic Review

BECKER, J.L., LEMGRUBER, E.F. Uma análise de estratégias de negociação no mercado brasileiro de opção: Evidências a partir das opções de compra mais negociadas durante o Plano Cruzado. In: BRITO, N.R.O. **Gestão de Investimentos**. São Paulo: Atlas; Rio de Janeiro: Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1989 p.271-302

BECKER, J.L., LEMGRUBER, E.F., Felício, R.F. Seguro Dinâmico de Portfolio. Revista Brasileira de Economia, v.45, n.4, out./dez. 1991, p.629-47

BERTRAND, P., PRIGENT, J. Portfolio Insurance Strategies: A Comparison of Standard Methods When The Volatility Of The Stock is Stochastic. International Journal of Business, Vol 8, No. 4, 2003. Disponível em <[greqam.univ-mrs.fr/pdf/working\\_papers/2004/2004-46.pdf](http://greqam.univ-mrs.fr/pdf/working_papers/2004/2004-46.pdf)> Acessado em 25/06/2009.

BESSADA, O., BARBEDO, C., ARAÚJO, G. Mercado de Derivativos no Brasil, Record, 2000.

BLACK, F., SCHOLES, M., The Pricing of Options and Corporate Liabilities, Journal of Political Economy, 1981 (Maio – Junho 1973), p 673-59

BLACK, F., SCHOLES, M. The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency. Journal of Finance, 1972, 27, p. 399-418

BRITTEN-JONES, M.N.A. Welcome to the real World. Black-Scholes-Merton Supplement. Risk. Setembro. 1998. p11-13

COX, J.C., ROSS, S.A., Rubinstein, M. Option Pricing: A Simplified Approach. Journal of Finance Economics, 1979, p229-63

COX, J.C., Rubinstein, M. Options Markets. Prentice Hall.1985

HULL, J.C. Opções, Futuros e Outros Derivativos, BM&F, 1998

TALEB, N. Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options. John Wiley & Sons, Inc. 1998

MOACIR, A.F. Precificação e Hedge Dinâmico de Opções de Telebrás Utilizando Redes Neurais. 2000. Disponível em < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2818> > Acessado em 02/05/2008.

PEROLD, A.F., SHARPE, W. F. Dynamic Sttegies for Asset Allocation. Financial Analysts Journal (Janeiro/Fevereiro 1988) p 16 -27. Disponível em <<http://www.cfapubs.org/doi/pdf/10.2469/faj.v51.n1.1871>> Acessado em 7/5/2008.

RUBINTEIN, M., LELAND, H. Replicating Options With Positions In Stock and Cash. Financial Analysts Journal, v.51, n.1, Jul/Aug 1981

VALMONT, L.C.G. Seguro Dinâmico de Portfolio: Adicionando a Curvatura Determinada pelo Gama. 2004. Disponível em <[http://www2.coppead.ufrj.br/port/index.php?option=com\\_docman&Itemid=204&task=cat\\_view&gid=46&dir=DESC&order=name&limit=10&limitstart=80](http://www2.coppead.ufrj.br/port/index.php?option=com_docman&Itemid=204&task=cat_view&gid=46&dir=DESC&order=name&limit=10&limitstart=80)> Acessado em 24/05/2008.