

PONTÍFICA UNIERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

PROJETO DE MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**Análise Quantitativa de Estratégias do Mercado de Opções na Bovespa**

Rodrigo Khoury Raposo

Nº de Matrícula : 0024620-7

Orientador : Fabrício Mello

Março/2005

**As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.**

Dedico este trabalho a meus pais, que tornaram essa jornada possível, e a meus amigos, que a fizeram ser mais agradável.

**Sumário:**

	<b>Página</b>
<b>Capítulo 1 : Uma Breve Introdução</b>	5
<b>1.1) Opções e Derivativos</b>	5
<b>1.2) Características Básicas das Opções</b>	5
<b>1.3) O Prêmio da Opção</b>	6
<b>1.4) Denominação – Mês</b>	8
<b>Capítulo 2 : Estratégias com Opções</b>	9
<b>2.1) Tipos de Estratégia</b>	9
<b>Capítulo 3 : Black &amp; Scholes</b>	13
<b>3.1) O Cálculo da Volatilidade</b>	13
<b>3.2) A Fórmula de Precificação</b>	14
<b>3.3) As Gregas</b>	15
<b>Capítulo 4: Empresas</b>	16
<b>4.1) Telemar</b>	16
<b>4.1.1) Precificando</b>	19
<b>4.2) Petrobrás</b>	25
<b>4.2.1) Precificando</b>	28
<b>Conclusão</b>	33

## **Capítulo 1: Uma breve Introdução**

### **Seção 1.1) Opções e Derivativos**

Dentre os inúmeros benefícios presentes no mercado de Derivativos, sua principal função é proteger os agentes econômicos contra os riscos de mercado. Sempre que algum ativo financeiro estiver sujeito à oscilações no preço, existe o risco. Quanto maior e mais constante for essa oscilação, maior é a sua volatilidade.

Uma volatilidade alta atrai agentes que desejam se proteger do risco ( *hedgers* ), agentes que apostam em sua direção ( especuladores ) e agentes que jogam nas duas pontas da operação, assim que percebem uma oportunidade no mercado ( arbitadores ).

O mercado de derivativos se estrutura na relação de uma parte e de uma contra parte. Uma data e um preço são estabelecidos, uma parte se compromete a vender o determinado ativo pelo preço acordado e a contra parte se compromete a comprá-lo.

O órgão que intermedia essas operações é a BM&F( Bolsa de Mercadorias e Futuros ), fundada em Julho de 1985. É um enorme centro com liquidez de derivativos, e não possui fins lucrativos, objetiva apenas, oferecer para os seus participantes a maneira mais segura possível de negociar seus ativos. Para isso, utiliza mecanismos de proteção, onde os principais são: Ajustes diários e o depósito de uma margem de garantia.

O mercado de opções também é um instrumento relacionado à gestão do risco ( da variação do preço do ativo ). A principal diferença entre as opções e os contratos futuros e a termo é que o seu titular adquire o direito de realizá-la ou não.

### **Seção 1.2) Características Básicas das Opções**

Existem dois tipos de opção, a opção de compra chama-se *Call*, e dá ao seu titular o direito de comprar o ativo-objeto por determinado preço e em determinada data. Já a opção de venda, a *Put*, confere ao seu titular o direito de vender o ativo-objeto nas mesmas condições anteriores. O agente que compra a opção é chamado de titular e o que vende de lançador ( isso acontece tanto na *Call* quanto na *Put* ). O preço de uma opção é chamado de prêmio, desta forma o titular da opção paga um prêmio ao lançador desta.

Dentre os ativos-objetos negociados através das opções estão : ouro, produtos agrícolas, preço de alguma *commodity* , ação de alguma empresa, futuro dos juros, dólar, etc...

Uma opção também pode se classificar em três categorias de acordo com as características até seu vencimento:

- Opção Européia: O direito concedido pela opção só poderá ser exercido na data de vencimento.
- Opção Americana: A opção poderá ser exercida até a data de seu vencimento em qualquer instante.
- Opção Asiática: O exercício da opção ocorre por uma média de preços durante um intervalo de tempo pré-determinado.

O fator determinante na realização ou não de uma opção é o seu preço de exercício. O preço de exercício é o preço acordado entre o lançador e o titular da opção. Caso o titular decida exercê-la, o lançador é obrigado a realizar a contra parte do acordo. Por exemplo: O titular de uma *Call* de Telemar a R\$44,00 só decidirá exercer seu direito de compra se no momento em questão o preço estiver acima destes R\$44,00, caso contrário, é mais vantajoso comprar o papel à vista. É neste segundo caso, quando o titular não realiza o direito, que se diz que a opção virou pó ( perde o prêmio que pagou pela opção ).

### Seção1.3) O Prêmio da Opção

Para se chegar a um valor justo, é necessário identificar os fatores que estão impulsionando a oferta e a demanda pela opção.

Os fatores que irão determinar o preço de uma opção são : Preço de Exercício; Taxa de Juros Livre de Risco; Preço do Ativo-Objeto ( preço à vista); Tempo para o Vencimento; Volatilidade; Dividendos.

O efeito de cada um deles está indicado de forma resumida na tabela abaixo:

	<i>Call</i>	<i>Put</i>
Preço à Vista	+	-
Preço de Exercício	-	+
Tempo para o Vencimento	+	+

Volatilidade	+	+
Dividendos	-	+
(*)Juros	+	-

(\*) Juros: “A taxa de juro livre de risco afeta o preço de uma opção de maneira menos clara. Com a expansão das taxas de juro na economia, tende a aumentar a taxa de crescimento esperada para o preço da ação. Todavia, diminui o valor presente de quaisquer fluxos de caixa a serem recebidos pelo titular da opção no futuro. Esses dois efeitos tendem a diminuir o valor de uma opção de venda. (...) No caso de opções de compra, o primeiro efeito tende a aumentar o preço e o segundo, a diminuí-lo. (...) Na prática, quando crescem ( diminuem ) as taxas de juro, os preços da ação tendem a cair ( aumentar )” ( **John C. Hull** ).

- 1) O Valor Intrínseco de uma *Call* no vencimento é:  $(PV - PE) > 0$   
Para cálculos antes do vencimento, trazer o PE a valor presente.
  - 2) O Valor Intrínseco de uma *Put* no vencimento é:  $(PE - PV) > 0$   
Para cálculos antes do vencimento, trazer o PE a valor presente.
- Preço à Vista e Preço de Exercício:

Observando as fórmulas acima, é fácil identificar a relação entre o PV, PE e o prêmio da opção. Para uma *Call*, quanto maior PV, maior será o prêmio e, quanto maior PE, menor será o prêmio. Já para uma *Put*, essas relações são inversas.

- Tempo para o Vencimento:

Tratando-se de uma opção americana, onde esta pode ser exercida a qualquer momento, desde que foi lançada até o seu vencimento, quanto maior for este tempo, mais oportunidades terá o seu titular ( tanto da *Call* quanto da *Put* ). Já tratando-se de uma opção europeia, a mesma relação não pode ser feita, uma vez que esta só poderá ser exercida no dia do vencimento ( não representa um aumento de oportunidades ). Neste caso, quanto maior for o prazo para o vencimento, maior é o tempo que seu titular fica

“amarrado” à ela, o que provavelmente torna o seu prêmio inferior em relação a uma opção européia de curta duração.

- Volatilidade:

Quanto maior forem as oscilações nos preços de uma ação, maior é a sua volatilidade. Para o titular de uma opção de compra, quanto maior a volatilidade, maior a chance do preço da ação subir ou cair muito. No primeiro caso ele se beneficia diretamente com lucros, no segundo (uma forte queda no preço da ação), o titular está limitado a perder apenas o prêmio pago pela opção. Para uma opção de venda, uma forte queda beneficia seu titular, que também terá, caso haja uma alta no preço, perdas limitadas ao prêmio pago. Portanto, o prêmio de ambas aumenta de acordo com o aumento da volatilidade.

- Dividendos:

O dividendo reduz automaticamente o preço de uma ação quando ele é pago. Logo, quanto maior forem os dividendos antecipados, menor será o prêmio da *Call* e maior o da *Put*.

#### Seção 1.4) Denominação – Mês

Para facilitar a visualização e negociação das opções, foi estabelecido um simples método de denominação. De acordo com o mês de vencimento da opção ( tanto de compra quanto de venda ) é sufixada uma letra do alfabeto. A tabela a seguir mostra essa relação.

OPÇÃO		MÊS DE VENCIMENTO
Compra	Venda	
A	M	janeiro
B	N	fevereiro
C	O	março
D	P	abril
E	Q	maio
F	R	junho
G	S	julho
H	T	agosto
I	U	setembro
J	V	outubro
K	W	novembro
L	X	dezembro



## Capítulo 2 : Estratégias com Opções

### Seção 2.1) Tipos de Estratégia

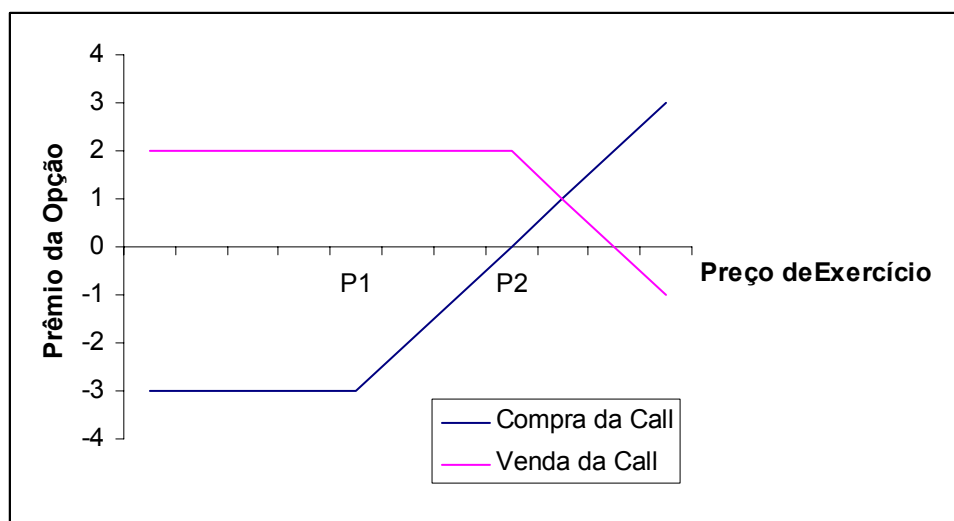
As estratégias com opções podem ser montadas de diversas maneiras, de acordo com o perfil de cada operação. Existem estratégias que travam as perdas e limitam os lucros, estratégias que zeram o seu custo inicial, conservadoras ou de caráter mais agressivo. São baseadas na aposta na tendência ou na volatilidade.

Podem se arquitetadas com uma combinação de compra ou venda do ativo e suas respectivas opções, ou ainda, com opções do mesmo tipo sobre um mesmo ativo com diferentes preços de exercício.

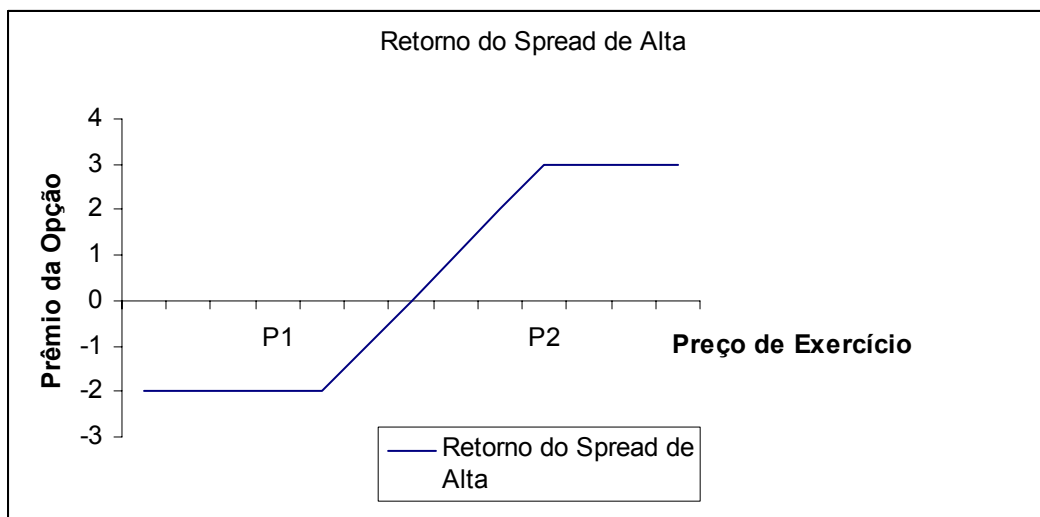
#### 1) *Spread* de Alta e de Baixa:

Pode ser montado com opções de compra ou de venda. É basicamente, assumir a posição comprada em uma *Call* ( no primeiro caso ) com um preço de exercício, e ficar vendido em uma outra *Call* com o preço de exercício mais elevado. O mesmo mecanismo funciona para as opções de venda.

O gráfico abaixo mostra a compra e a venda da *Call* com diferentes preços de exercício ( no *Spread* de Alta ):



Onde P1 é o preço de exercício para a compra da *Call* e P2, para a venda. Dessa forma, o gráfico que representa o resultado desta operação é:



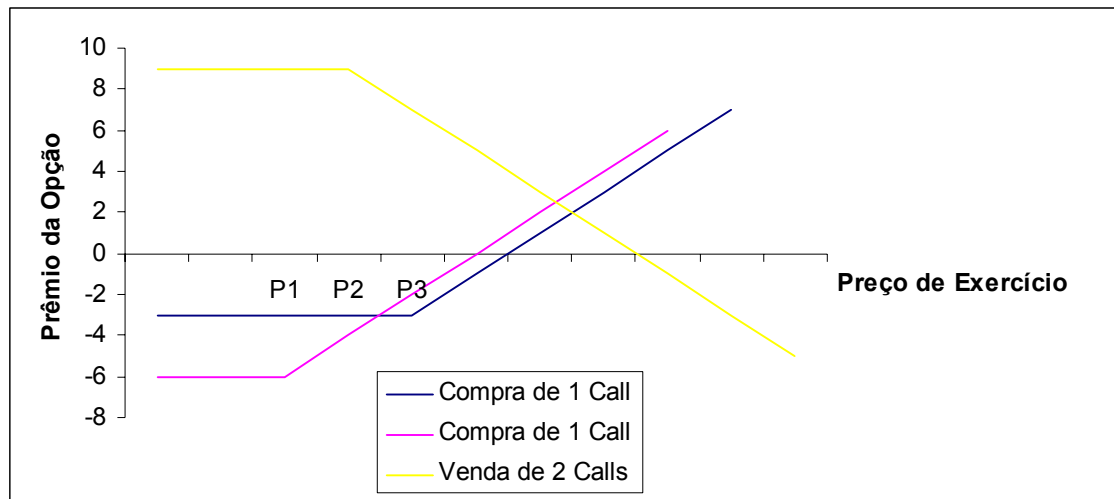
Quando se monta um estratégia assim, está se apostando em uma tendência de alta nos preços de determinado ativo . Ao comprar e vender uma mesma opção, minimiza-se ou anula-se (no caso de valores idênticos dos prêmios) o desembolso de capital inicial. No entanto, os ganhos são limitados.

A relação inversa ou seja, compra da *Call* com preço de exercício mais elevado e a venda da *Call* com PE mais baixo, ou de uma *Put* ( com opções de venda ) é referente ao *Spread* de Baixa.

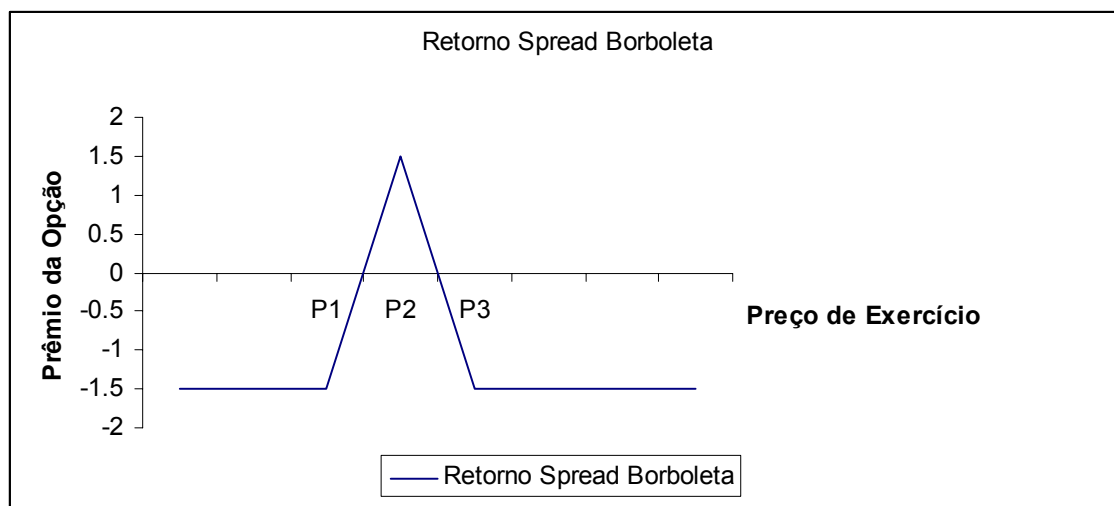
## 2) *Spread* Borboleta:

É montado com opções com três preços de exercício diferentes. Como os *spreads* de alta e baixa, pode ser feito tanto com opções de compra quanto de venda. Se for feito com *Calls*, é estruturado da seguinte maneira: Dos três preços de exercício, se compra uma opção com o preço mais baixo, uma com o preço mais alto e se vende duas com o preço intermediário. Normalmente, usa-se o *Spread* Borboleta quando é previsto que haverá pouca variação no preço da ação. Quando o preço varia muito, há uma pequena perda, que ocorre pela compra das opções. Da mesma forma, se houver expectativa de uma volatilidade maior no preço da ação, a estratégia oposta pode ser feita, vendendo as opções nos preços extremos e comprando 2 opções com o preço de exercício intermediário.

O gráfico abaixo representa um *Spread* Borboleta feito com opções de compra :



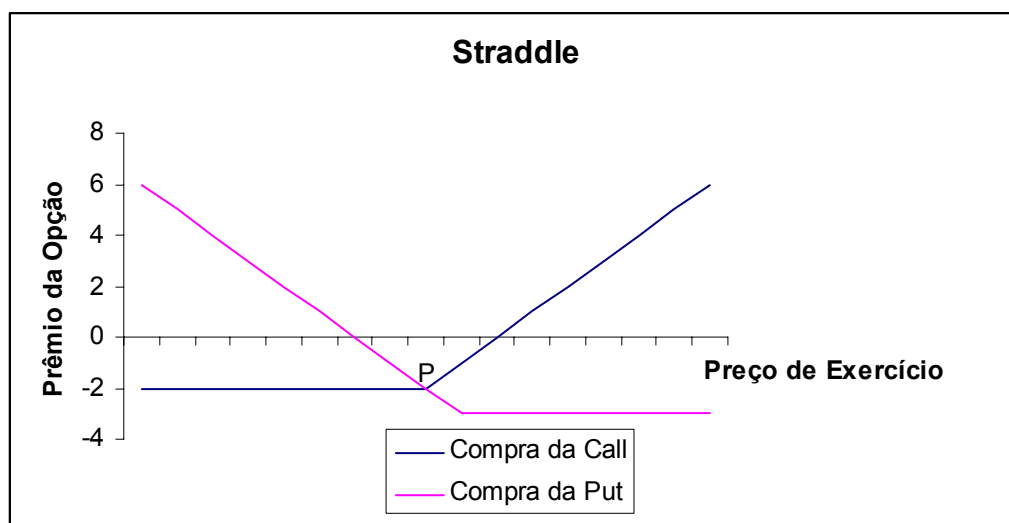
O retorno desta estratégia se dá graficamente por:



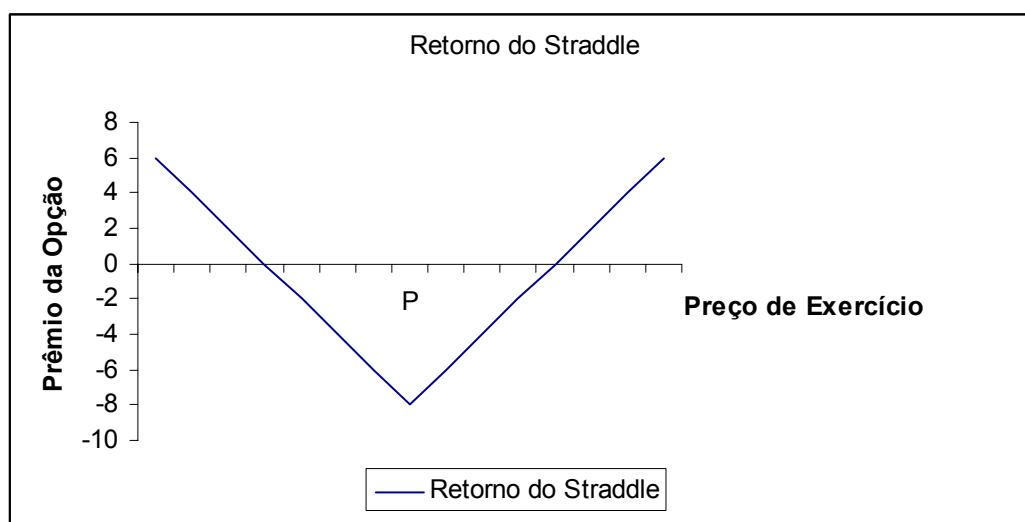
### 3) *Straddle*

O *Straddle* é uma combinação que envolve opções de compra e venda. Compra-se uma *Put* e uma *Call*, com mesmos preço de exercício e data de vencimento. Essa estratégia é realizada quando se espera uma variação significativa no preço da ação, tanto para cima quanto para baixo. Essa combinação irá resultar em perdas se o preço do papel não oscilar ou oscilar pouco. É mais um exemplo de aposta em volatilidade.

O gráfico a seguir ilustra a formação do *Straddle*:



O retorno do *Straddle* será:



## Capítulo 3: Black & Scholes

### Seção 3.1) O Cálculo da Volatilidade

A volatilidade é um conceito extremamente importante no que tange os cálculos relacionados a opções. As mudanças na volatilidade se dão basicamente pelas informações disponíveis que estimulam as negociações.

Para calculá-la, observa-se o comportamento do preço de uma ação durante um determinado período de tempo. Esse intervalo de tempo deve ser bem escolhido, pois apesar de intervalos maiores possuírem uma maior exatidão, podem ser pouco relevantes no atual comportamento do preço da ação. Uma prática bastante utilizada é pegar como base para cálculo um período semelhante ao da vida da opção que será negociada.

No modelo de precificação de Black & Scholes, a volatilidade é o único parâmetro da equação que não pode ser observado diretamente, pois não é dada. O que acontece, é que cada agente atuante no mercado estipula a volatilidade que acredita ser a mais correta. A média dessas volatilidades estipuladas no mercado se chama Volatilidade Implícita, e pode ser calculada através de um método de tentativas fazendo uso das próprias equações que formulam o Black & Scholes.

Calculando a Volatilidade:

Supondo:

$n+1$ : Número de observações da amostra;

$S_i$ : Preço da ação no  $i$ -ésimo intervalo ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ );

$\tau$ : Intervalo de tempo até o vencimento;

$\sigma$ : Volatilidade do preço da ação

O Retorno capitalizado continuamente no  $i$ -ésimo intervalo se dá por:

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

Estimando-se o desvio-padrão de  $u_i$ :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}$$

Ou também :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n u_i^2 - \frac{1}{n(n-1)} \left( \sum_{i=1}^n u_i \right)^2}$$

O Desvio Padrão dos valores de  $u_i$  é:

$$s = \sigma \sqrt{\tau}$$

Dessa forma, pode-se estabelecer a seguinte relação, para estimar  $\sigma$  :

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\tau}}$$

Com erro padrão igual a:  $\frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$

### Seção 3.2) A Fórmula de Precificação

A fórmula se resume a:

$$c = SN(d1) - Ke^{-rt} N(d2)$$

Onde:

$$d1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$$

e

$$d2 = \frac{\ln(S/K) + (r - \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$$

$\tau$  : Intervalo de tempo até o vencimento;

$\sigma$  : Volatilidade do preço da ação;

$r$ : Taxa de juro livre de risco;

$S$ : Preço da ação;

$K$ : Preço de exercício da opção;

$N(x)$ : Função acumulada de uma distribuição normal  $N(0;1)$

**Obs:** Como visto anteriormente, a volatilidade não pode ser diretamente observada.

Para isso, estima-se uma volatilidade baseando-se em dados históricos.

### Seção 3.3) As Gregas

O grande benefício do modelo de precificação, é medir o comportamento do prêmio da opção de acordo com as variações dos seus componentes. Da equação do modelo, é possível extrair as seguintes relações, que são chamadas de Gregas.

São elas:

- Delta ( $\Delta$ ) =  $\frac{\partial c}{\partial S}$  : Variação do prêmio em relação ao preço do ação.
- Gama ( $\Gamma$ ) =  $\frac{\partial \Delta}{\partial S}$  : Variação do Delta em relação ao preço do ação.
- Teta ( $\Theta$ ) =  $\frac{\partial c}{\partial \tau}$  : Variação do prêmio com o tempo
- Vega ( $V$ ) =  $\frac{\partial c}{\partial \sigma}$  : Variação do prêmio em relação à volatilidade
- Rô ( $r\hat{o}$ ) =  $\frac{\partial c}{\partial r}$  : Variação do prêmio em relação à taxa de retorno

## Capítulo 4: Empresas

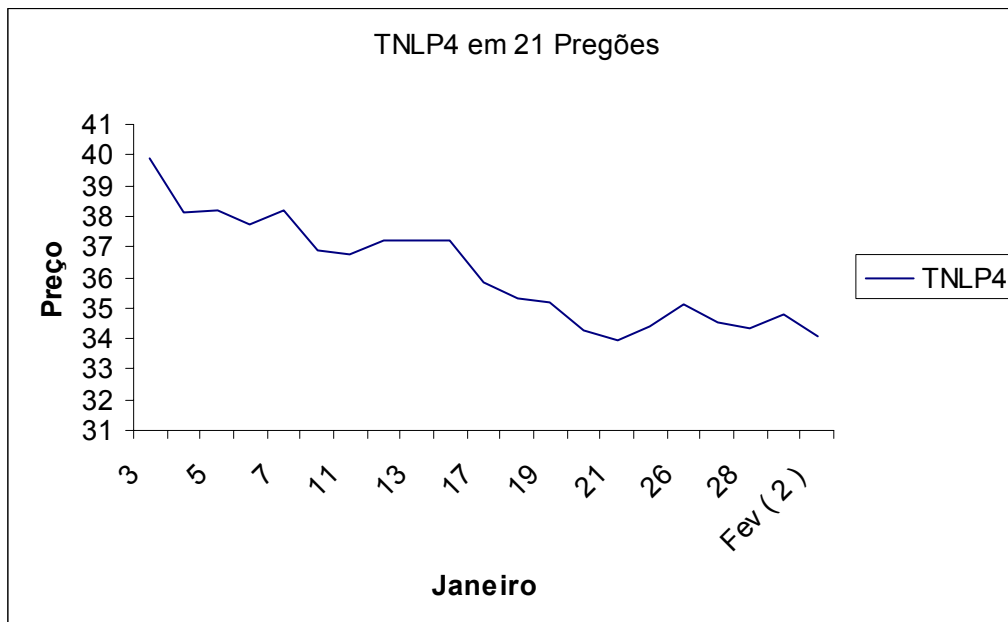
Neste capítulo, será feita uma breve descrição das empresas a serem estudadas. Será também, introduzida uma base de dados para o estudo do comportamento do preço das opções desejadas. As empresas Telemar e Petrobrás servirão como exemplos para o estudo.

### Seção 4.1) Telemar

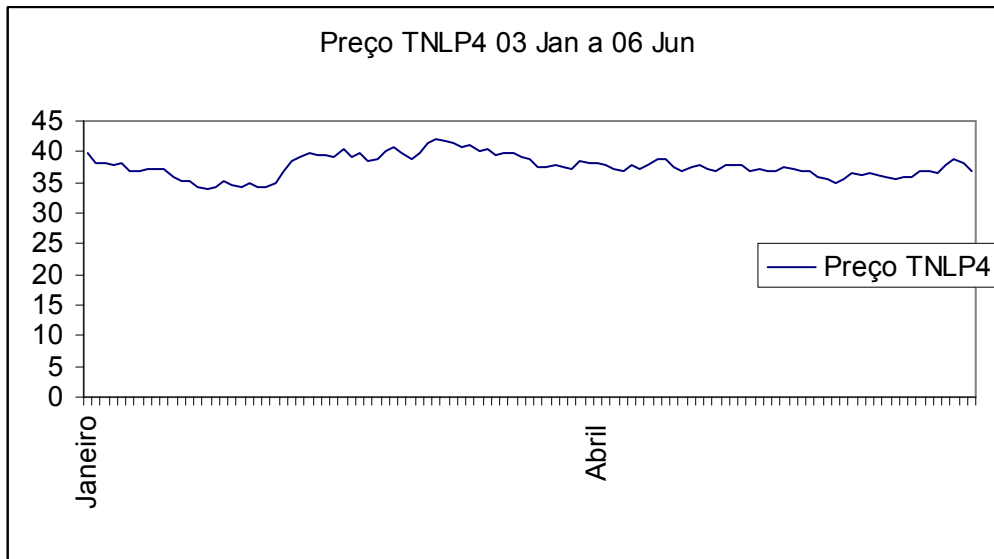
Em 1998, a antiga Telebrás foi dividida em 12 partes: uma holding de operadora de longa distância, três de concessionárias regionais e oito holdings de telefonia móvel Banda A. Dessas oito, a maior delas, a Tele Norte Leste foi transformada, em Abril do ano seguinte na atual Telemar.

É a maior empresa de telecomunicações do Brasil (tanto em aparelhos instalados quanto em faturamento). Sua área de atuação se estende por 64% do território nacional, abrigando mais da metade da população e gerando uma parte significativa do PIB.

Abaixo, pode-se observar graficamente a evolução do preço de fechamento da Telemar no decorrer de 2005 ( Para melhor visualização, os primeiros 21 pregões do ano, em seguida, de 03 Janeiro até 06 de Junho ):







Dados para o cálculo da volatilidade:

Onde Relativo de Preço =  $\frac{S_i}{S_{i-1}}$  e Retorno Diário =  $u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$ . De um

modo mais simples, podemos obter uma aproximação do valor desejado calculando o desvio padrão da série utilizada, ou ainda, utilizando as fórmulas da seção 3.1:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n u_i^2 - \frac{1}{n(n-1)} \left( \sum_{i=1}^n u_i \right)^2}, \text{ onde } n = 21, u_i = -0,1567 \text{ e } u_i^2 = 0,007712$$

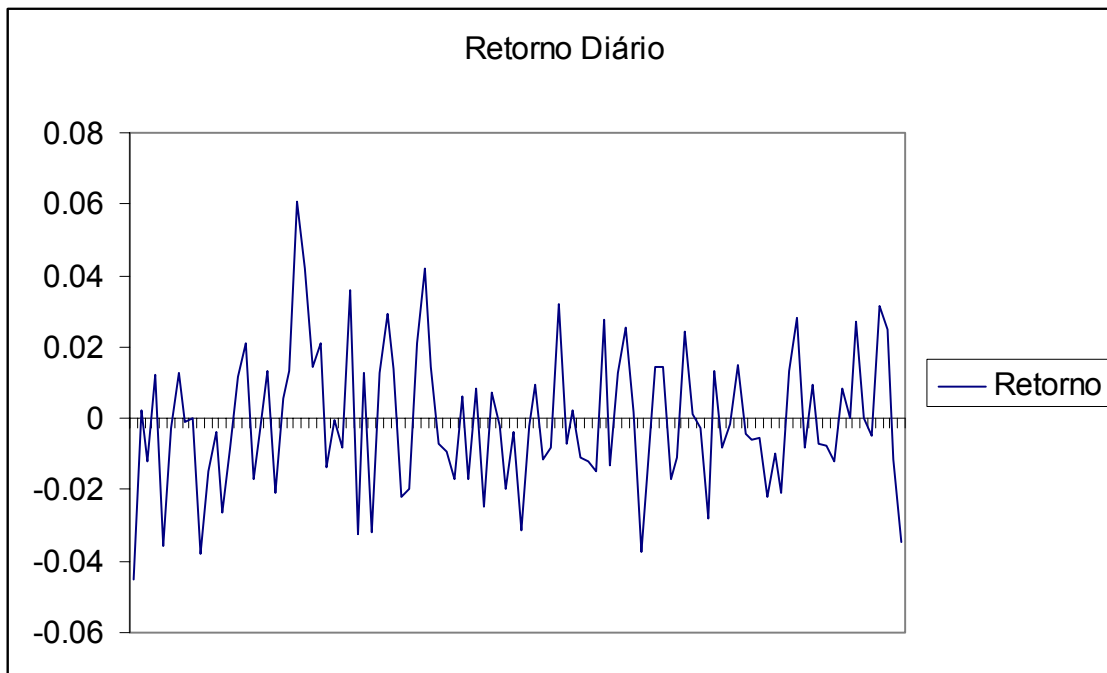
resultando em  $s = 0,1808$

Considerando o ano com 252 dias úteis:  $0,01808 \sqrt{252} = 0,287$

A volatilidade estimada é portanto, de 28,7% ao ano. O seu erro padrão é calculado aproximadamente da seguinte maneira :  $\frac{0,287}{\sqrt{42}} = 0,04428$  ou seja, 4,428% ao

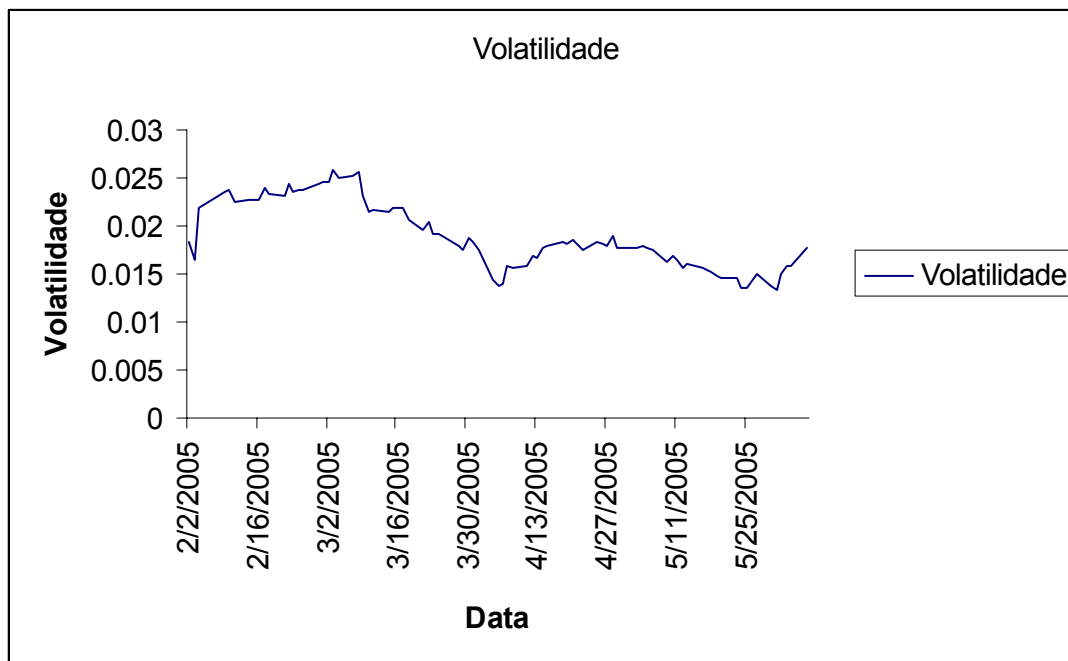
ano.

Com os resultados obtidos com o cálculo do Retorno Diário, no decorrer do ano ( até 06 de Junho) temos:



Finalmente, utilizando uma janela móvel de 21 pregões, pode-se calcular a volatilidade em torno da média dos preços de fechamento do papel até a data desejada. Isso pode ser facilmente manipulado no Excel copiando a fórmula para o cálculo de volatilidade utilizada nos primeiros 21 fechamentos para as demais células.

Agora, com a base de dados adquirida é possível observar o gráfico da volatilidade:



Esses dados possibilitam a configuração não só de estratégias de aposta em tendência, como de compra e venda de volatilidade.

#### Seção 4.1.1) Precificando

Com os dados obtidos até o momento, é possível utilizar a fórmula de precificação de Black & Scholes.

Utilizando uma calculadora do modelo no programa Excel, são obtidos os prêmios das opções com os seguintes preços de exercício R\$ 38,00 ; R\$ 40,00 ; R\$ 42,00. A utilização de pelo menos 3 diferentes preços de exercício aumenta o leque de estratégias.

O calendário de vencimento das opções para o ano de 2005, obtido no site da Bovespa é:

Mês	Dia
Jan	17
Fev	21
Mar	21
Abr	18
Mai	16
Jun	20
Jul	18
Ago	15
Set	19
Out	17
Nov	21
Dez	19

**Obs:** Ao inserir as variáveis no Black & Scholes, é importante que estas estejam na mesma unidade de tempo. Dessa forma, se estiver trabalhando com os juros ao ano, por exemplo, deve-se ajustar os dias úteis até o vencimento dividindo por 252 (considerando que há 252 dias úteis no ano) e a volatilidade multiplicada por  $\sqrt{252}$ . Logicamente, se a taxa de juros estiver corrigida para dias, não será necessário ajustar as demais variáveis.

Temos para o início do ano de 2005, antes do primeiro vencimento de contrato de opções na Bovespa:

$\tau$  : 17 (vencimento dos contratos de opção) – 3( primeiro dia útil) = 14/252 = 0.5556

$\sigma$  : 28,7% a.a (calculada de acordo com o método mais sofisticado)

$r$ : 18,25% a.a (Taxa Selic Meta)

$S$ : 39.87526

Ao rodar esses dados no Excel encontramos:

	K=38,00	K=40,00	K=42,00
d1	0.805499707	0.565728197	0.337657619
d2	0.59157398	0.351802471	0.123731892
N(d1)	0.789734376	0.714210757	0.632189328
N(d2)	0.722932099	0.637506736	0.549236262
VP K	34.33582122	36.14296971	37.95011819

<b>Call</b>	6.664242256	5.434196219	4.361807478
<b>Put</b>	1.130063478	1.707165927	2.441925672

Acima temos os prêmios calculados, da *Put* e da *Call* para diferentes preços de exercício.

Suponha um indivíduo que tenha obtido esses mesmos números no mês de Janeiro. Ele pode optar por estratégias de acordo com a sua percepção do que está acontecendo no mercado. Primeiramente, considere apenas que este indivíduo acredita em uma baixa no preço do papel, e que opta por ficar em posição vendida:

Vende 1K ( mil )de *Call* com preço de exercício 40 a 5,43 , embolsando R\$ 5434,19 no recebimento do prêmio, e em contrapartida, se comprometendo a vender TNLPA a R\$ 40,00 até o dia 17 de Janeiro, se o titular da opção desejar exercê-la.

O preço do papel se manteve abaixo dos R\$ 40,00 até o dia do vencimento. O titular não exerceu seu direito de compra e a opção “virou pó”. O lançador da mesma embolsou o prêmio de R\$ 5434,19.

Nesta simples operação é possível observar o que acontece nas duas pontas, a situação do titular e a do lançador. Caso o preço do papel ultrapassasse os 40, o titular exerceria o seu direito de compra e o lançador teria de arcar com o compromisso de vender o papel a 40 Reais, tendo o custo oportunidade de vendê-lo no mercado a vista, ou ainda, se não tiver o papel terá de comprá-lo pelo preço à vista e vendê-lo por R\$ 40,00.

Como visto anteriormente, uma estratégia consiste em se combinar operações. No exemplo acima, o indivíduo apenas realiza uma operação de venda de uma *Call*. Pode-se, dada a mesma situação, recorrer a métodos muito mais sofisticados na tentativa de se obter lucro. Note que se o preço do papel subisse violentamente, da mesma forma cresceriam os prejuízos do lançador da opção. Por isso é importante o uso de travas, às vezes sacrificando uma parte do lucro mas simultaneamente se protegendo contra uma eventual perda. Este exemplo envolve aposta em uma tendência de baixa. De acordo

com a sofisticação da análise feita e da operação montada, pode-se apostar na variação do papel, comprando ou vendendo volatilidade, como foi citado no Capítulo 2.

Considere agora, o período compreendido entre 17 de Janeiro (primeiro vencimento dos contratos de opções) até o dia 21 de Fevereiro (vencimento do mês). Suponha que um indivíduo faça um estudo sobre o comportamento do preço do papel e chega à conclusão de que vai haver pouca ou nenhuma oscilação deste.

Uma opção de estratégia a se montar é o *Butterfly*, onde ele lucra no espaço próximo a um preço de exercício médio (indicando a baixa oscilação) e tem uma perda (limitada via o próprio *Spread Borboleta*) se ocorrer um oscilação maior do que a esperada.

Após perceber que o preço da Telemar vinha caindo desde o dia 14 de Janeiro (a R\$ 37,19), calculou através de métodos gráficos uma resistência próxima a R\$34,00 que deveria se manter por alguns dias. No dia 24 de Janeiro montou o *Spread Borboleta*. Vendeu 1K de *Call* com preço de exercício = 32; vendeu mais 1K de *Call* com *strike* = 36; por fim, comprou 2K de *Call* com preço de exercício a R\$ 34,00

Temos:

$\tau$  : 17 dias úteis até o vencimento no dia 21 de Fevereiro :  $17/252 = 0,0674$

$\sigma$  :  $0,023 \sqrt{252} = 36,51\%$  a.a (calculada pelo desvio padrão da série de variação)

$r$ : 18,25% a.a (Taxa Selic meta)

$S$ : 33,9633

Novamente, utilizando a calculadora de B&S no Excel temos:

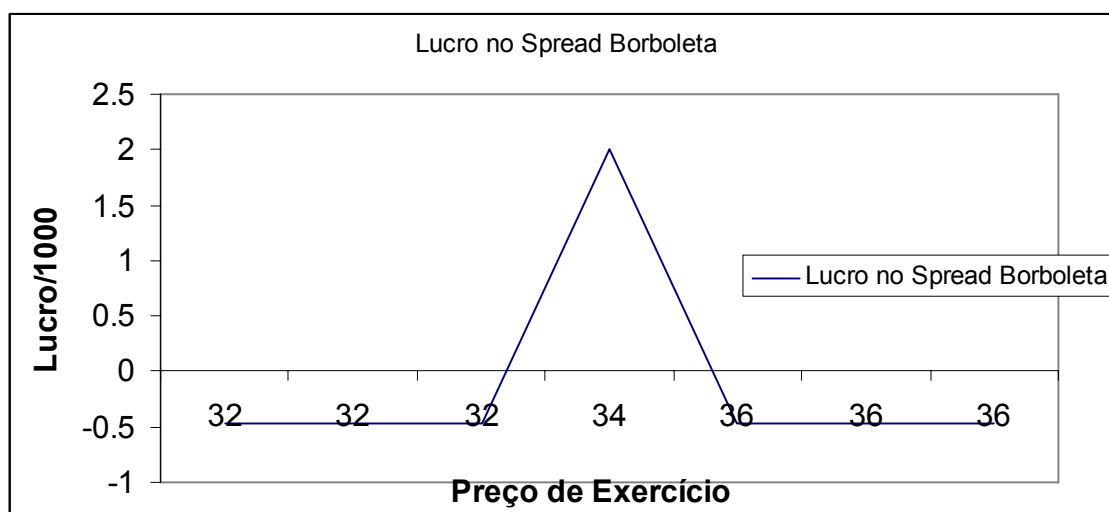
	K=32	K=34	K=36
d1	0.804344	0.164745	-0.43828
d2	0.709558	0.06996	-0.53307
N(d1)	0.789401	0.565428	0.33059
N(d2)	0.761011	0.527887	0.296993
VP K	31.60879	33.58434	35.55989

<b>Call</b>	2.753411	1.47318	0.665815
<b>Put</b>	0.402206	1.097524	2.265709

Assim, o resultado imediato será:  $2000 \times 1,473 - 1000 \times 2,753 - 1000 \times 0,665 = - \text{R\$ } 472,00$  advindos do pagamento e recebimento dos prêmios.

Se o preço do papel atingir valores menores do que R\$32,00 ou maiores do que R\$36,00 haverá perda do prêmio pago, R\$472,00. No entanto se a ação se mantiver neste intervalo irá gerar um lucro, que atinge o seu valor máximo se ao final da operação o papel estiver a R\$34,00.

Graficamente, esta operação se dá por:



Note que quando a ação está cotada a R\$34,00, o lucro obtido de  $2 \times 1000$  (quantidade negociada) atinge seu valor mais alto. Note também, que há uma trava na perda, limitando-a em R\$472,00.

Se neste exemplo, o indivíduo zera sua posição no dia 03 de Fevereiro, quando a ação da Telemar estava cotada a R\$ 34,27, ele teria alcançado um lucro de  $(36 - 34,27) \times 1000 = \text{R\$ } 1.730,00$ , e um Retorno de R\$1.258,00. Para efeito de estudo, suponha que a análise feita por ele sugerisse manter-se na posição até o vencimento.

No vencimento, dia 21 de Fevereiro, o papel estava custando R\$ 39,64. Como a operação está travando o prejuízo, o indivíduo arca com -R\$472,00.

Suponha agora, um outro agente econômico e outro intervalo de tempo. Para seguir uma ordem cronológica, será utilizado como exemplo o período compreendido entre 22 de Fevereiro e 21 de Março.

Desta vez, o agente prevê uma grande oscilação no preço da ação da Telemar. Sem estar muito certo de qual direção esta variação no preço vai tomar, ele opta por fazer um *Straddle*.

Para montar a estratégia, que consiste na compra de uma *Call* e de uma *Put* com o mesmo preço de exercício, ele recorre ao modelo Black & Scholes para calcular os preços justos da *Call* e da *Put* de acordo com o modelo. Será utilizada uma janela móvel de 21 fechamentos e o método do desvio padrão da variância para calcular a volatilidade.

Temos:

$\tau$  : 21 dias úteis até o vencimento no dia 21 de Março :  $21/252 = 0,0833$

$\sigma$  :  $0,024\sqrt{252} = 38,09\%$  a.a ( calculada pelo desvio padrão da série de variação)

$r$ : 18,69% a.a ( Taxa Selic negociada )

$S$ : 38,3949

Rodando esses dados no Excel obtemos para o preço de exercício de R\$ 38,00:

d1	0.290628238
d2	0.180693873
N(d1)	0.614332106
N(d2)	0.571696059
VP K	37.41296828

<b>Call</b>	2.198373266
<b>Put</b>	1.216441544

Assumindo que este agente comprou 1K de opção de venda e 1K de opção de compra, operação envolve um desembolso inicial de :  $(1000x-2,19)+(1000x-1,21) = R\$ 3400,00$

O lucro será medido de acordo com o deslocamento do preço, ou seja, quanto mais o preço da ação se afastar do preço de exercício, maior será o lucro.

Observando a série de preços neste intervalo de tempo, pode-se analisar os diferentes resultados de acordo com a data de saída da posição na operação.

Por exemplo, no dia 04 de Março, o preço da ação atingiu R\$42,09. Se nesta data o agente considera o momento oportuno para zerar sua posição se lucro será de  $42,09-38,00 = 4,09$ . Considerando os prêmios pagos no total de 3,4 , o retorno será  $4,09 - 3,4 = 0,69$ . Como a operação foi negociada por K, o retorno =  $0,69 \times 1000 = 690$ .

Se por acaso este mesmo agente resolve esperar uma maior variação no preço até o vencimento, no dia 21 de Março, o preço do papel era de R\$ 38,85. Seu prejuízo é

igual a : 1)  $38,85 - 38,00 = 0,85$     2)  $0,85 - 3,4 = -2,55$     3)  $-2,55 \times 1000 =$  prejuízo de R\$2.550,00

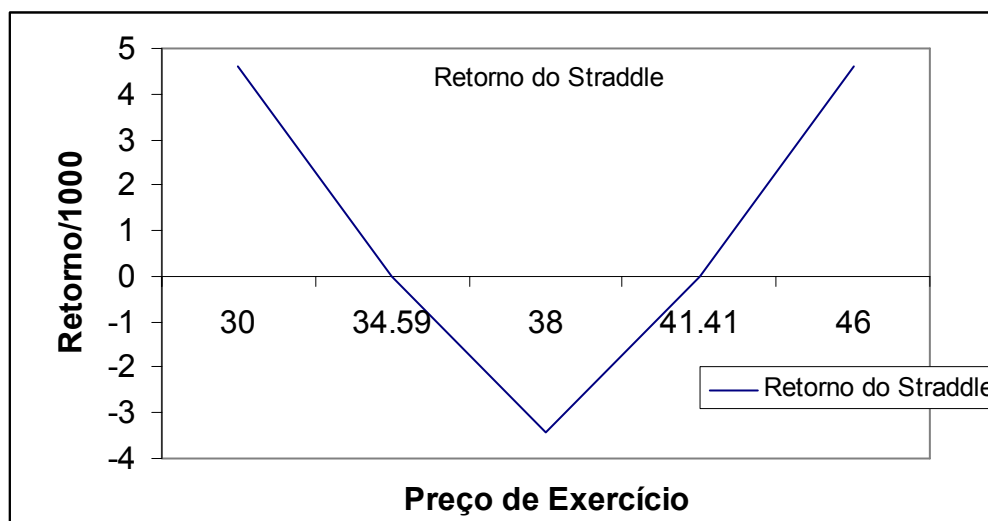
Como se pode perceber, o maior lucro possível no intervalo de tempo até o vencimento é bem menor do que o prejuízo calculado, concluindo-se que a escolha da estratégia não foi bem feita. Era esperada uma maior volatilidade no preço, que não aconteceu.

O desenvolvimento da volatilidade para este período pode ser observado no gráfico Volatilidade que foi inserido anteriormente.

O que aconteceu, foi uma compra de volatilidade, diferentemente do *Spread Borboleta* que é uma venda de volatilidade. Assim como a compra e venda de um ativo qualquer, o sucesso na compra ou na venda de volatilidade depende de seu comportamento ao longo da operação.

É importante notar também, que para se obter altos lucros com um *Straddle*, é necessária uma variação muito brusca nos preços.

Essa operação pode ser representada graficamente por:



#### Seção 4.2) Petrobrás

“Em outubro de 1953, através da [Lei 2.004](#), a criação da Petrobras foi autorizada com o objetivo de executar as atividades do [setor petróleo](#) no Brasil em nome da União. A Petróleo Brasileiro S/A iniciou suas atividades com o acervo recebido do antigo



Conselho Nacional do Petróleo (CNP), que manteve sua função fiscalizadora sobre o setor:

- Campos de petróleo com capacidade para produzir 2.700 barris por dia (bpd);
- Bens da Comissão de Industrialização do Xisto Betuminoso;
- Refinaria de Mataripe-BA (atual RELAM), processando 5.000 bpd;
- Refinaria em fase de montagem, em Cubatão-SP (atual RPBC);
- Vinte petroleiros com capacidade para transportar 221 mil toneladas;
- Reservas recuperáveis de 15 milhões de barris;
- Consumo de derivados de 137.000 bpd;
- Fábrica de fertilizantes em construção (Cubatão - SP).”(homepage da Petrobrás: [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br) )

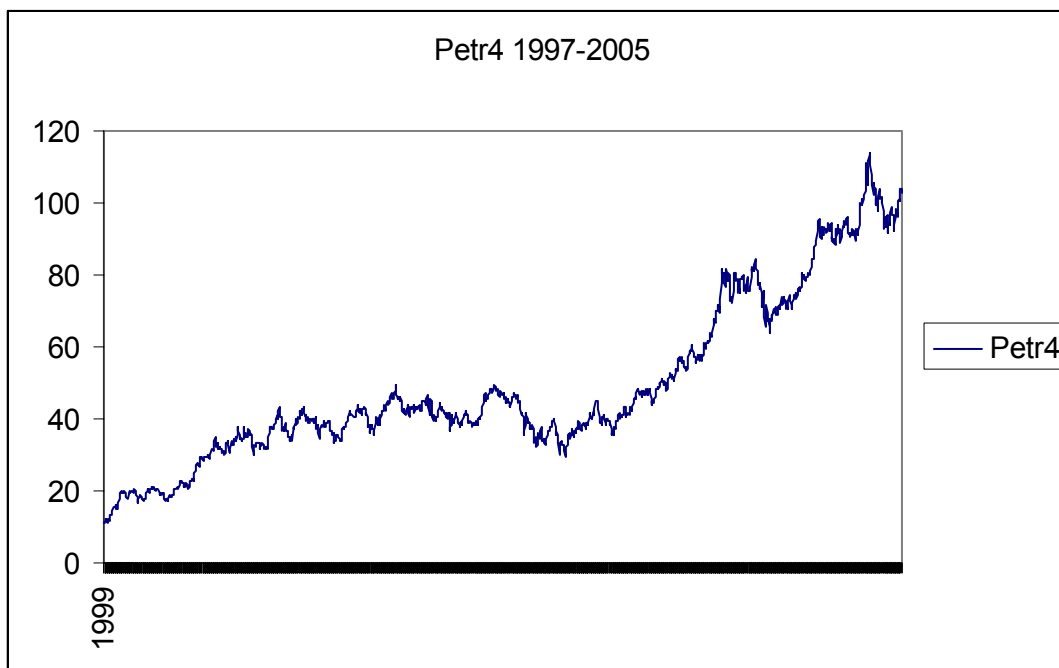
Em 40 anos , tornou-se líder na distribuição de derivados do petróleo no Brasil, e se posicionou entre as quinze maiores empresas petrolíferas pelo critério de avaliação internacional.

A Petrobrás faz uso de tecnologia de ponta e é detentora de uma das mais avançadas tecnologias no que diz respeito a produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas.

O Brasil desde 1997 faz parte do nobre grupo de 16 países que produz mais de 1 milhão de barris de óleo por dia, graças a Petrobrás. Foi também em 1997 que pela lei número 9.478 que foram abertas as atividades da indústria petrolífera no Brasil à iniciativa privada.

A Companhia, desde então, foi aumentando a sua capacidade produtiva até que atingiu e ultrapassou a marca de 2 milhões de barris de óleo e gás natural por dia.

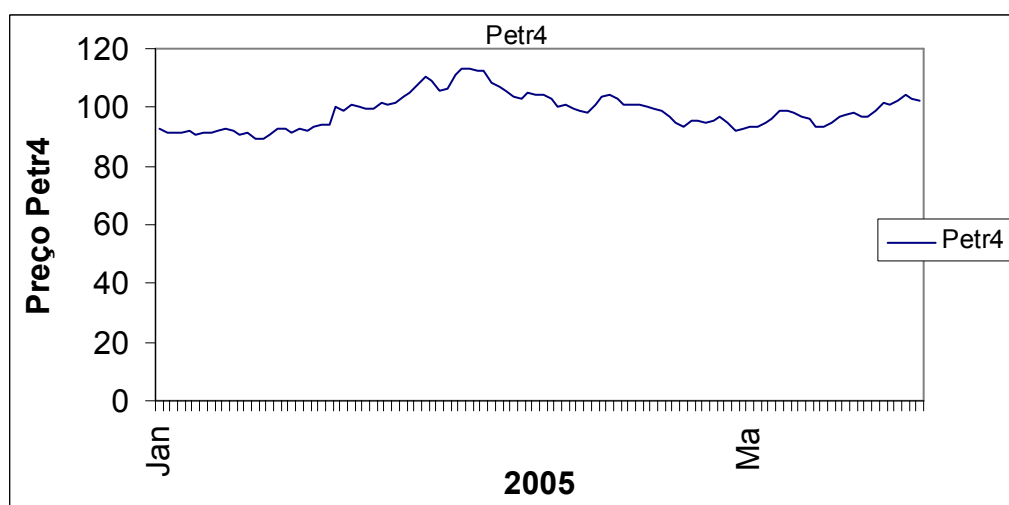
O preço da ação da Petrobrás desde então veio se valorizando bastante, mostrando ser uma boa opção para investimento de longo prazo. Abaixo, segue o desenvolvimento da ação desde 1997 até Junho de 2005-06-22:



Percebe-se claramente a trajetória ascendente do papel no decorrer do tempo. Às vezes, quando se analisa um espaço de tempo mais curto, não se enxerga com tanta clareza que o papel está seguindo uma tendência tão acentuada. Pode ocorrer intervalos de tempo onde o preço anda “de lado”, não apresentando variações significativas, e, no intervalo a seguir uma explosão na cotação do papel.

No ano de 2005, os preços já estavam em um nível mais alto, e oscilando entre aproximadamente R\$ 90,00 e R\$ 113,00. É possível lucrar montando estratégias tanto no longo quanto no curto prazo.

O comportamento da ação da Petrobrás no ano de 2005 até o mês de Junho é dado graficamente por:



Para realizar um estudo das estratégias com opções envolvendo as ações da Petrobrás, será feito um levantamento de dados de forma análoga ao que foi feito para o estudo da Telemar.

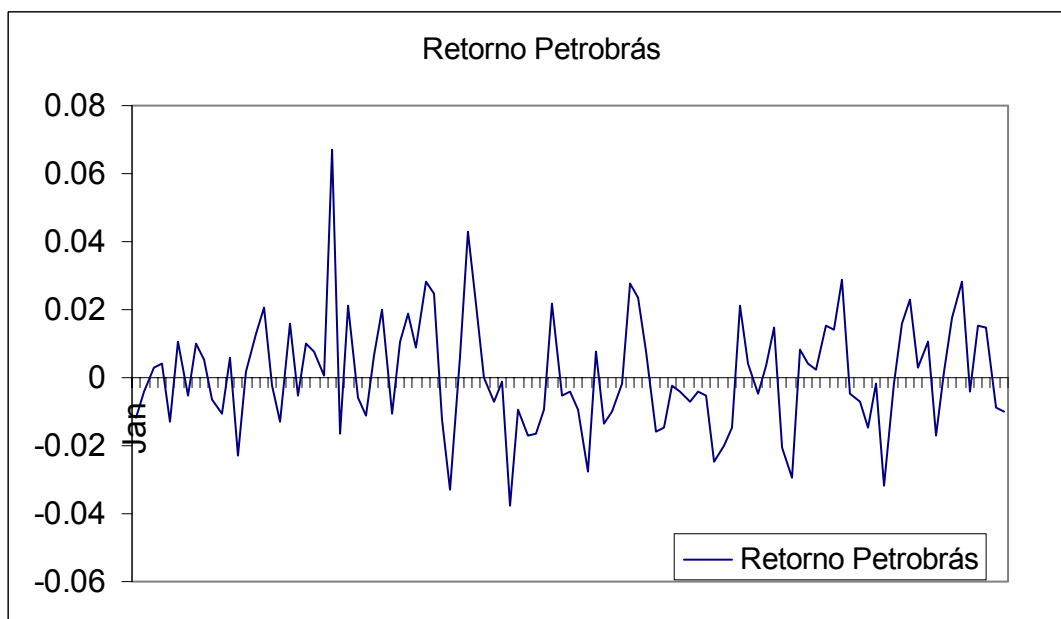
Para o cálculo dos dias úteis até o vencimento será consultado o calendário da Bovespa.

Os retornos são calculados pelo  $\ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$ , onde  $S_i$  é o preço de fechamento de do dia  $i$  e  $S_{i-1}$  é o preço de fechamento do dia anterior.

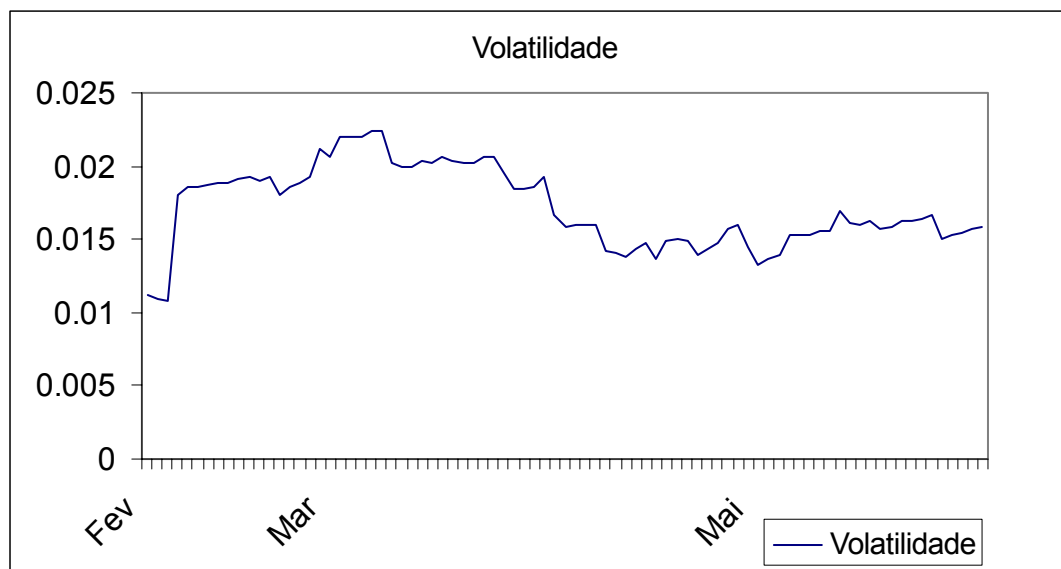
Novamente para o cálculo da volatilidade será usado o método de aproximação pelo desvio padrão. Com uma série de 21 retornos calculados como citado acima, encontra-se o desvio padrão desta, para o dia seguinte, da mesma forma, deslocando a janela de 21 fechamentos em 1 dia.

Com a série de preços de fechamento, obtém-se para o ano de 2005 os seguintes gráficos de retorno e volatilidade respectivamente:

Retorno em 2005 até Junho:



Volatilidade em 2005 até Junho:



Ainda irá se utilizar o modelo de precificação de opções de Black & Scholes imputado no programa Excel, para fins de facilidade de cálculo.

Apenas observando o gráfico acima, é possível detectar oportunidades de entrar no mercado vendendo ou comprando volatilidade, reparando nas nuances do comportamento da curva.

#### Seção 4.2.1) Precificando

Inicialmente, será observada uma estratégia de aposta em tendência. Para isso, vamos supor que em um determinado momento, um indivíduo acredita que vai haver uma alta no preço do papel (ação da Petrobrás), dessa forma, decide montar uma estratégia utilizando opções de compra.

Este indivíduo monta um *Spread* de alta. Para isso, toma com base para montagem da operação dois preços de exercício distintos, recolhe informações sobre as demais variáveis do mercado e roda os dados na calculadora de Black & Scholes para obter os respectivos prêmios.

Suponha o período compreendido entre Fevereiro e Março de 2005. No dia 04 de Fevereiro o indivíduo entrou no mercado negociando opções com vencimento em 21 de Março.

As informações necessárias para cálculo do prêmio são:

$$\tau : 29 \text{ dias úteis até o vencimento no dia 21 de Março} : 29/252 = 0,115$$

$$\sigma : 0,0108 \sqrt{252} = 17,14\% \text{ a.a (calculada pelo desvio padrão da série de variação)}$$

$r$ : 18,75% a.a ( Taxa Selic meta )

$S$ : 93,975

Os resultados foram, para os seguintes preço de exercício:

K	92	98
d1	0.765459	-0.3215
d2	0.707334	-0.37962
N(d1)	0.778001	0.373916
N(d2)	0.760321	0.352113
VP K	90.03748	95.90949

<b>Call</b>	4.655271	1.367845
<b>Put</b>	0.717756	3.302339

Ao obter os dados acima, o indivíduo resolveu montar o *Spread* da seguinte maneira: comprou 2K de *Call* com preço de exercício R\$92,00 e vendeu 2K com *strike* R\$98,00. De início, desembolsou  $2000 \times 4,65 = \text{R\$ } 9.300,00$  e em contrapartida, com a venda da *Call* ganhou  $2000 \times 1,36 = \text{R\$ } 2.720,00$ .

Na montagem da operação houve um custo de R\$ 6.580,00.

No decorrer dos dias até o vencimento o preço do papel realmente apresentou um comportamento de alta, chegando ao seu valor Máximo neste período no dia 04 de Março valendo R\$ 113,28.

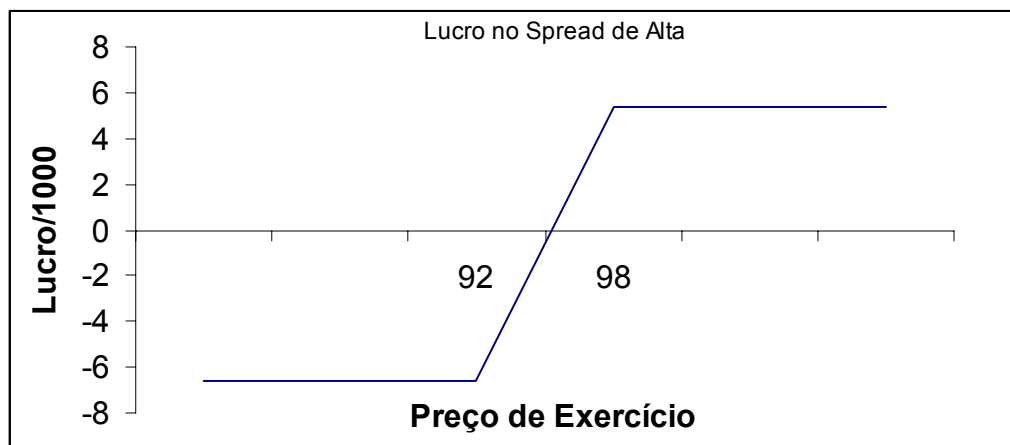
Suponha que, por qualquer motivo, o investidor tenha esperado até a data de vencimento do contrato. No dia 21 de Março, a ação estava valendo R\$ 103,99.

Com a estratégia montada, o indivíduo fez uma trava nas perdas e para isso, sacrificou uma parte de um possível lucro.

O resultado final desta operação é:  $(98 - 96) \times 2000 - 6580 = +\text{R\$ } 5.420,00$

Apenas como ilustração, se por acaso esse mesmo indivíduo tivesse um perfil menos avesso ao risco e apenas ficasse comprado ( na mesma quantidade de 2K ) na opção de compra com *strike* a R\$ 92,00 , teria, no vencimento um lucro de:  $-9.300 + [(11,99) \times 2000] = \text{R\$ } 14.680,00$

Graficamente, o retorno do *Spread* montado se dá da seguinte maneira:



Agora, suponha que um outro indivíduo resolva neste mesmo período fazer uma aposta em volatilidade. Dada sua percepção de que vai haver uma grande variação no preço da ação da Petrobrás, ele resolve ficar comprado em volatilidade montando um *Straddle*.

Pode-se pegar os mesmos resultados obtidos com o modelo B&S do exemplo anterior, pois os dados são os mesmos, considerando a data de entrada no mercado a mesma, para efeito de comparação de resultado das estratégias.

É possível prever os resultados positivos desta operação apenas observando o gráfico de volatilidade na página 25. Percebe-se que neste período de tempo a volatilidade dá um salto atingindo patamares mais elevados.

Para montar o *Straddle*, o indivíduo compra 1K de *Call* e 1K de *Put* com o mesmo preço de exercício de R\$ 92,00.

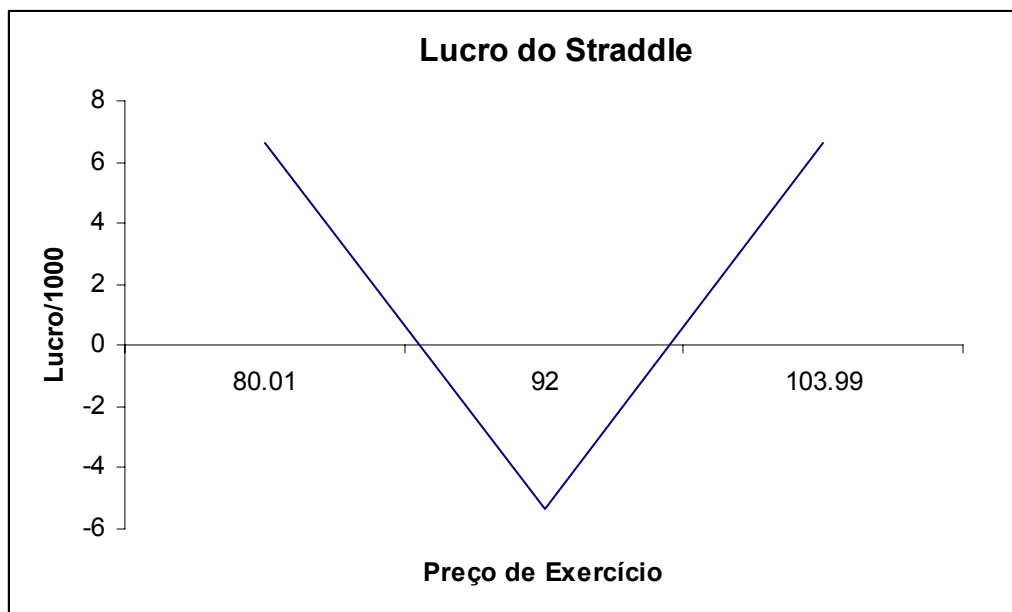
O desembolso inicial é de :  $1000 \times 4,65 + 1000 \times 0,71 = \text{R\$ } 5.360,00$

Como foi visto anteriormente, quanto mais distante o preço no vencimento da operação estiver do preço de exercício utilizado, maior será o lucro do *Straddle*.

Sabe-se que no vencimento, a ação estava cotada a R\$103,99, portanto pode-se calcular o lucro obtido nesta operação da seguinte forma:  $(103,99 - 92 - 5,36) \times 1000 = \text{R\$ } 6.630,00$

No *Straddle*, o capital investido foi de R\$ 5.360,00 e o lucro de R\$ 6.630,00, enquanto que no *Spread* de alta foram investidos inicialmente R\$ 6.580,00 e obteve-se um lucro de R\$ 5.420,00. Essa diferença na relação capital investido / lucro, se dá devido ao diferencial de risco entre uma operação e outra. O *Straddle* é mais arrojado.

Graficamente, a operação montada se dá por:



Finalmente, suponha um outro agente econômico, mas ainda no mesmo intervalo de tempo, que faz uma análise diferente do desempenho do preço da ação da Petrobrás para o período. Para este agente, o mercado está “andando de lado” e não vai haver oscilações significativas no preço do papel.

Pensando dessa forma, ele monta um *Spread Borboleta*. Como nos exemplos anteriores, as variáveis são as mesmas, mais uma vez para se fazer uma comparação entre as diferentes estratégias e desta vez, com uma percepção diferente de cenário.

No entanto, são necessários 3 diferentes preços de exercício para montar a operação. Suponha os seguintes preços: R\$ 90,00, R\$ 92,00 e R\$ 94,00.

O agente compra 1K de *Call* com *strike* R\$ 90,00 e 1K com *strike* R\$ 94,00 finalmente, vende 2K de *Call* com *strike* R\$ 92,00.

Os prêmios calculados são os seguintes:

K	90	92	94
d1	1.143593	0.765459	0.395457
d2	1.085468	0.707334	0.337332
N(d1)	0.873604	0.778001	0.653747
N(d2)	0.861143	0.760321	0.632067
VP K	88.08015	90.03748	91.99482

<b>Call</b>	6.24732	4.655271	3.289016
<b>Put</b>	0.352468	0.717756	1.308837

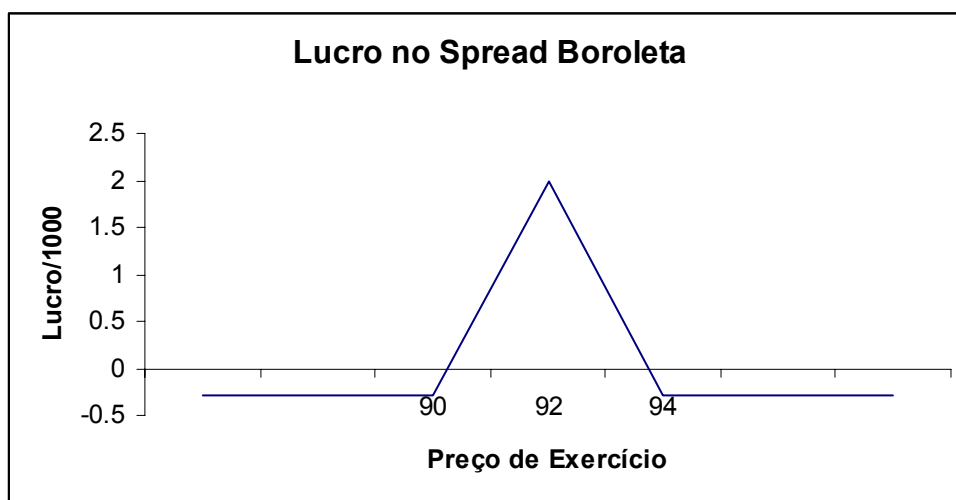
Portanto, ao montar a operação:  $(-6,24 - 3,28) \times 1000 + 2000 (4,65) = -280$

Ele incorre em um gasto de R\$ 280,00.

O maior lucro possível nesta operação é se no dia 21 de Março o papel estiver custando R\$ 92,00, quando haveria um lucro de  $( 2 \times 1000 ) - 280 = \text{R\$ } 1.720,00$ . No entanto, como na data de vencimento o preço do papel estava em R\$ 103,99, ele perde os R\$ 280,00 aonde está travada a perda no *Spread* Borboleta.

Como se pôde antecipar pelo gráfico da volatilidade, ficar vendido não foi um bom negócio, no entanto a trava nas perdas evitaram maiores prejuízos. Caso tivesse vendido uma opção de compra e uma de venda com mesmo preço de exercício, quanto maior fosse a volatilidade do papel maior seriam as perdas nessa operação, pois não haveria o mecanismo de travas.

O *Spread* Borboleta montado pode ser representado graficamente da seguinte maneira:



O preço a R\$ 103,99 na data de vencimento se encontra bastante à direita da área de lucro desenhada no gráfico acima, indicando o prejuízo de R\$ 280,00.



**Conclusão:**

Foi possível, através do estudo realizado, uma maior compreensão do funcionamento do mercado de opções de um modo geral, bem como algumas das principais estratégias utilizadas pelos investidores na Bovespa .

Foram apresentados ao longo deste trabalho diversos tipos de estratégias com opções, utilizando como objeto de negociação tanto a tendência quanto a volatilidade de determinada ação. Foram usados como referência e base de cálculo os preços de fechamento de 2 ações em um determinado período de tempo, dentre as mais negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo, ações das empresas Telemar e Petrobrás.

A série de preços utilizada é real, o que dá uma maior credibilidade aos resultados obtidos nos exemplos citados.

O modelo de precificação de Black & Scholes foi usado na determinação do prêmio das opções. Não foram considerados neste estudo gastos com corretagem.

Existem diversas maneiras para se calcular volatilidade. O método mais usado neste trabalho foi o do desvio padrão de uma serie com 21 preços de fechamento. Também é muito utilizado no mercado este método, porém com uma janela maior, com 42 preços de fechamento. Portanto, há alterações no resultado do B&S dependendo do método aplicado.

Foi concluído que a análise feita é de fundamental importância no sucesso das operações. É a partir dela que se fundamenta a escolha de uma determinada estratégia. Além disso, até o vencimento do contrato, é importante ficar atento às intempéries do mercado e do cenário econômico, que podem acabar por invalidar a análise feita de início.

O mercado está sempre dando oportunidades de se obter lucro, independente de estar subindo ou não. Para tal, é preciso rapidez e agilidade para perceber essas oportunidades. Entrar e sair de uma posição no tempo certo é crucial.

É necessário estar pronto para assumir um risco maior se desejar obter maiores lucros. Paralelamente, é importante ter muita cautela, sabendo a hora certa de se arrojarem ou de adotar uma postura mais defensiva utilizando travas. É de fundamental importância aceitar perdas, pois nenhum método é 100% eficaz. É lógico que para ser um bom analista é preciso acertar mais do que errar.

Além de qualquer método estar sujeito a erros, existe muita manipulação de mercado, assim como o surgimento de boatos, que mesmo sem fundamento, podem inverter a tendência que vinha sendo seguida.

Os diferentes tipos de análise podem ser uma excelente indicação do que está realmente acontecendo. A combinação da análise técnica, fundamentalista e dos prêmios através de modelos de precificação fornece uma visão mais abrangente do mercado e permite a obtenção de lucros tanto no curto quanto no longo prazo.

Ao longo desta Monografia, foram descobertas importantes fontes para pesquisa e informação, que serão muito úteis para futuros estudos e na hora de investir no mercado financeiro. Foi possível obter uma visão prática e objetiva, saindo da abstração teórica, dando uma maior noção de como funcionam as operações envolvendo opções no mercado financeiro brasileiro.

**Bibliografia Utilizada**

- Opções, Futuros e Outros Derivativos ( **John C. Hull** )
- Apostila Formação de Profissionais no Mercado de Derivativos ( **BM&F** )
- Mercado de Opções para Iniciantes ( **Oscar Osvaldo Frick** )
- Jornal O Valor Econômico
- Site Valor Econômico : [www.valoronline.com.br](http://www.valoronline.com.br)
- Site Bolsa de Valores de São Paulo: [www.bovespa.com.br](http://www.bovespa.com.br)
- Site Banco do Brasil: [www.bacen.gov.br](http://www.bacen.gov.br)
- Site Telemar: [www.telemar.com.br](http://www.telemar.com.br)
- Site Petrobrás: [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)
- Site Blank Sys: [www.blanksys.com.br](http://www.blanksys.com.br)