

4 Resultados

Nesta parte do trabalho serão mostrados os resultados apresentados na metodologia descrita no capítulo 3. Por se tratar de dois grandes blocos de resultados diferentes, um para a Petrobras e um para a Vale, este capítulo será dividido em duas seções, a primeira mostrando os resultados para a Petrobras e a segunda seção mostrando os resultados para a Vale.

Além dos cones de assimetria, cones de volatilidade e cones de curtose para cada uma das duas empresas, os testes de reversão à média e as operações de compra ou de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o percentil 10% ou o percentil 90% serão mostrados para a volatilidade implícita calculada pelos modelos de Corrado e Su(1996) e Black e Scholes (1973).

4.1 Petrobras

Como foi visto no capítulo anterior o trabalho busca avaliar o desempenho dos cones, no que tange as oportunidades de compra ou de venda de volatilidade para dados de opções do ano de 2010.

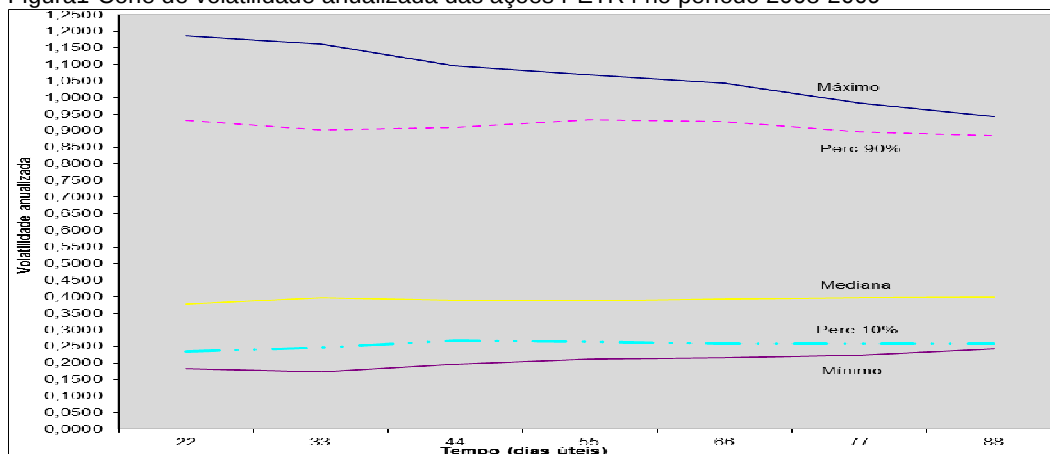
Porém como observado por Cerqueira (2010), o desempenho de tal cone não se mostrou eficiente, principalmente nos anos de turbulência do mercado financeiro, como foi visto nos anos de 2008 e 2009.

Para ilustrar a conclusão do autor, este trabalho resolve inicialmente construir um cone de volatilidade para estes dois anos turbulentos e conforme mostra a figura 1, o limite superior definido por Burghardt e Lane (1990), ou seja, o percentil 90%, teve uma volatilidade anualizada variando entre 88,4% e 93,36%.

Ao se observar as volatilidades implícitas obtidas pelo método inverso ao modelo de Corrado e Su (1996), em todo o ano de 2010, em nenhum momento esta estatística superou o topo do cone de volatilidade. O valor máximo encontrado para a mesma foi de 52,20%. Da mesma forma ocorreu com o método de Black e Scholes (1973), em que seu valor máximo foi de 51,31%. Portanto, o

cone traçado com os dados históricos deste período turbulento não teria seu limite superior superado em nenhum momento, o que tornaria a análise de venda de volatilidade inviável.

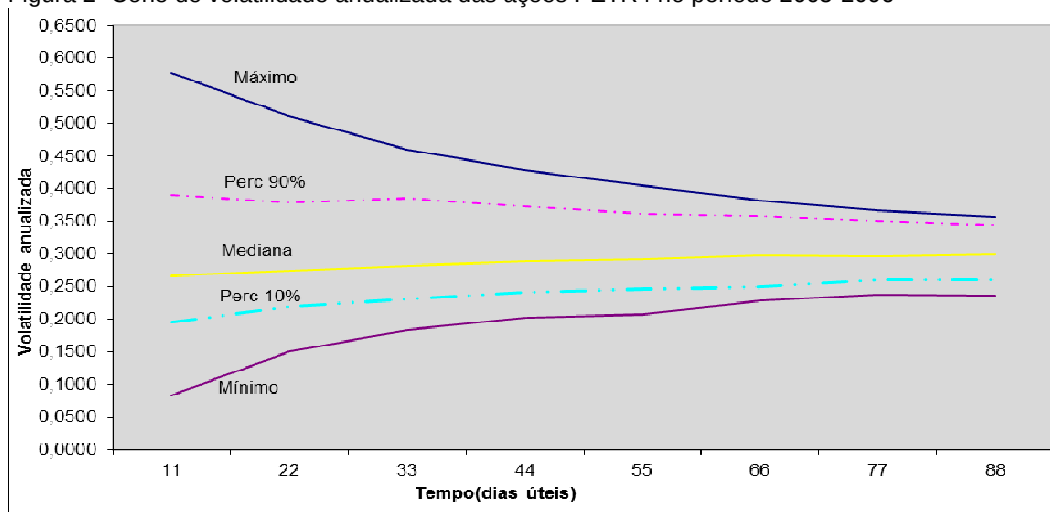
Figura1-Cone de volatilidade anualizada das ações PETR4 no período 2008-2009



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

Através de uma análise de comportamento dos cones do período de 2005 até 2009, o cone que abrange o período de 2005 e 2006 foi o que se comportou de maneira mais adequada para uma avaliação das opções de compra da Petrobras para o período de 2010, conforme mostra a figura 2.

Figura 2- Cone de volatilidade anualizada das ações PETR4 no período 2005-2006

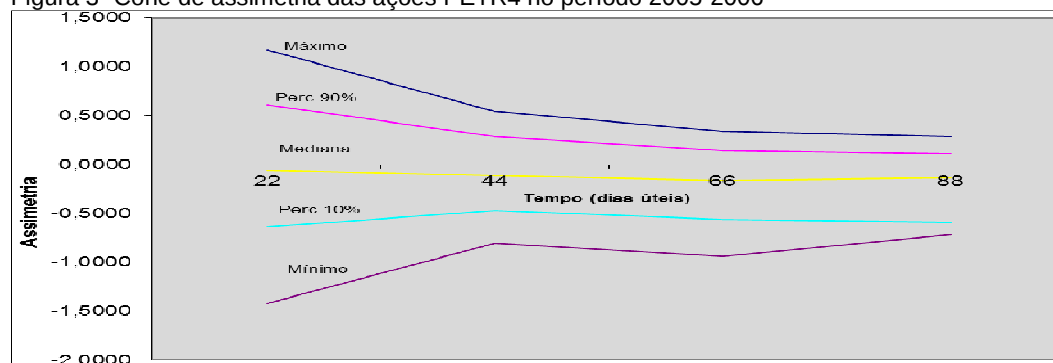


Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

Após o estudo dos cones de volatilidade, foram analisados os cones de assimetria e curtose, para que no caso de sua existência, o trabalho optasse pela

análise das operações com a volatilidade implícita obtida pelo modelo de Corrado e Su (1996). Conforme mostra a Figura 3, realmente existe uma assimetria tanto no percentil superior, quanto no percentil inferior do cone, que difere da assimetria da distribuição de probabilidade normal padrão. Esta distribuição tem esse parâmetro igual a zero, sendo a mesma utilizada no modelo de Black e Scholes (1973), modelo este que em sua fórmula não leva em consideração a medida de assimetria da distribuição a ser estudada.

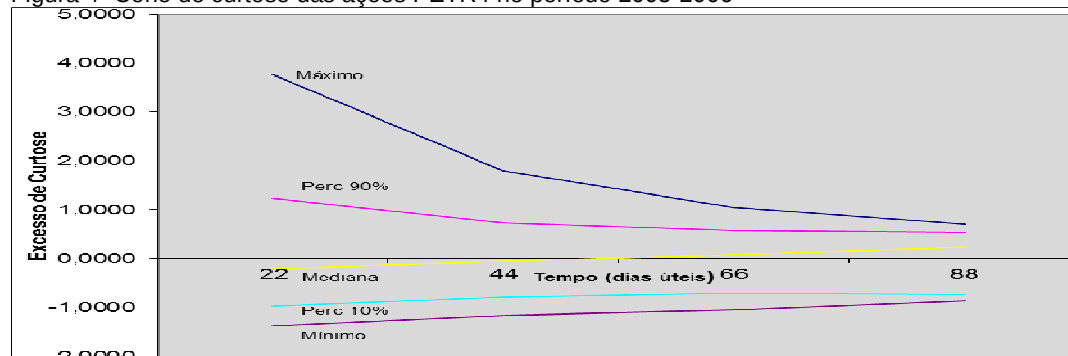
Figura 3- Cone de assimetria das ações PETR4 no período 2005-2006



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

Assim como o cone de assimetria mostra que existe uma assimetria nesta distribuição que foge da distribuição normal, o cone de curtose também mostra esta diferença, apresentando um excesso de curtose (diferença da curtose da normal padrão que é igual a três) sempre maior que zero no topo superior do cone e menor que zero em seu limite inferior, conforme mostra a Figura 4. Portanto, através da observação destes cones o trabalho irá utilizar o Modelo de Corrado e Su (1996) para extrair os dados da volatilidade implícita que existe nos preços das opções de compra da Petrobras negociadas no mercado.

Figura 4- Cone de curtose das ações PETR4 no período 2005-2006



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

O estudo desenvolvido por Burghardt e Lane (1990) mostra que a análise dos cones era muito importante, pois a volatilidade implícita segue um processo estocástico de reversão à média. Ou seja, há sempre uma tendência de recuo da volatilidade implícita quando ela atinge o topo do cone e sempre uma tendência de alta quando ela atinge sua base, pois no longo prazo, ambas tenderão a média.

Portanto, a próxima etapa deste trabalho é mostrar que tanto a volatilidade implícita obtida pelo modelo de Corrado e Su (1996) quanto a volatilidade implícita obtida pelo modelo de Black e Scholes (1973) segue um processo estocástico de reversão à média. Para isto foram realizados dois testes de raiz unitária, um para cada modelo. A estatística de teste utilizada foi a ADF (Augmented Dickey-Fuller) com um nível de significância de 5%, conforme mostram as tabelas abaixo.

Tabela 2 - Teste da raiz unitária para a volatilidade implícita de opções da Petrobras obtidas pelo modelo de Corrado e Su

Augmented Dickey-Fuller (estatística de teste)	-13,25459
Prob.(p-valor)	0,0000
Valor crítico (5%)	-2,863242

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

Tabela 3 - Teste da raiz unitária para a volatilidade implícita de opções da Petrobras obtidas pelo modelo de Black e Scholes

Augmented Dickey-Fuller (estatística de teste)	-11,27063
Prob.(p-valor)	0,0000
Valor crítico (5%)	-2,863242

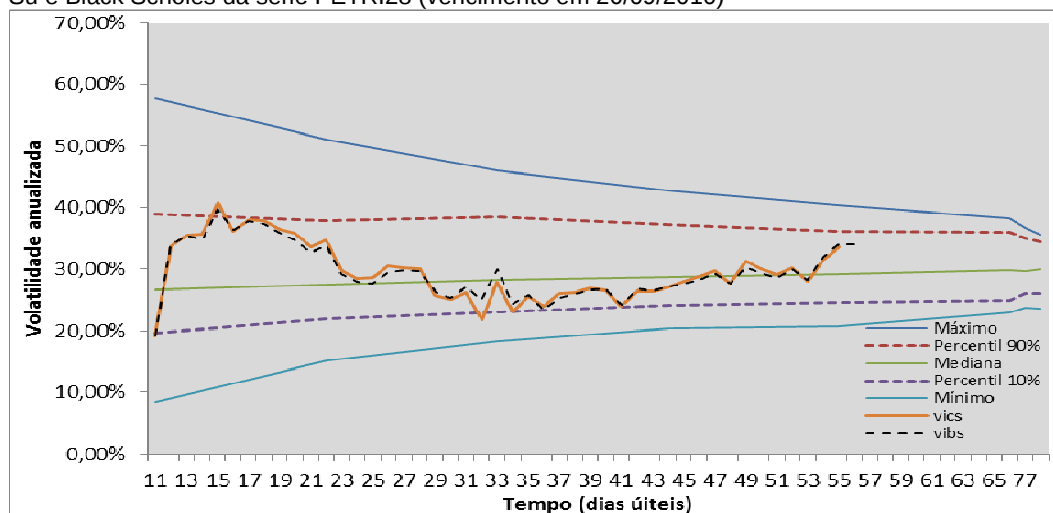
Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

Após uma análise da Tabela 2 e da Tabela 3, os testes rejeitam a hipótese nula de raiz unitária. Portanto, pode-se afirmar que a volatilidade implícita obtida pelos dois modelos segue um processo estocástico de reversão a média, o que valida a premissa do modelo, assim como os trabalhos de Burghardt e Lane (1990) e Cerqueira (2010).

A Figura 5 ilustra bem as oportunidades de compra ou de venda de volatilidade, pois o cone de volatilidade tem sua principal utilidade na correta identificação destes momentos, que podem resultar em operações bem lucrativas. Nesta figura estão representados os valores do cone de volatilidade e sobreposto ao mesmo a evolução da volatilidade de uma série I (vencimento em 20/09/2010) com preço de exercício em R\$28,00 do no período de 01 de julho de 2010 até 03

de setembro de 2010. O eixo vertical do gráfico representa os valores de volatilidade e o eixo horizontal os dias até o exercício da opção. Cabe ressaltar que a evolução do gráfico se dá da direita para a esquerda, pois a cada dia que passa o tempo até o exercício da opção diminui.

Figura 5-Cone de volatilidade da PETR4 representado pelos limites máximo, mínimo, percentil 90% e percentil 10%, sobreposto com a evolução das volatilidades implícitas obtidas por Corrado-Su e Black Scholes da série PETRI28 (vencimento em 20/09/2010)



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

A análise gráfica desta série de opções mostra que o limite superior do cone de volatilidade, limite este representado pelo percentil 90%, é superado uma única vez faltando 15 dias úteis para o vencimento, tanto pela volatilidade implícita calculada pelo modelo de Corrado e Su quanto pela volatilidade implícita calculada pelo modelo de Black e Scholes, esta variável alcança os valores de 40,73% e 39,79%, respectivamente.

Já o limite inferior do cone foi superado por duas vezes, uma quando faltavam 32 dias para o vencimento e somente pela volatilidade implícita obtida pelo modelo de Corrado e Su, o que se explica pela assimetria de -0,4211 e um excesso de curtose de 0,3055, nesta data a volatilidade implícita alcança 21,68% pelo modelo de Corrado e Su. A outra data onde ocorreu uma volatilidade implícita inferior ao percentil 10% do cone de volatilidade foi quando faltavam 11 dias úteis, nesta data os dois modelos atingiram este patamar.

Para ilustrar o ganho com estas operações, se uma posição de venda de volatilidade fosse aberta quando faltassem 15 dias úteis para o vencimento haveria um ganho sobre a variação da volatilidade, de 4,17% pela volatilidade implícita

calculada pelo modelo de Corrado e Su e 5,11% pelo modelo de Black e Scholes. Por outro lado, se fosse aberta uma posição de compra de volatilidade quando o limite inferior fosse alcançado pela volatilidade implícita calculada por Corrado e Su, quando faltavam 32 dias úteis para o vencimento, haveria um ganho sobre a variação da volatilidade da ordem de 16,89%. Já em 11 dias para o vencimento, uma operação de compra de volatilidade resultaria num ganho sobre a variação da volatilidade de 22,36% e 22,27% pelos dois modelos respectivamente.

As tabelas abaixo apresentam os resultados encontrados para os dois modelos estudados, estes resultados são os obtidos através de operações de compra e venda de volatilidade sempre que a volatilidade implícita alcançou o limite superior determinado pelo percentil 90% da distribuição de volatilidade para cada horizonte de tempo ou o limite inferior determinado pelo percentil 10% da mesma distribuição de volatilidade. A tabela 4 mostra os resultados obtidos pelos dois modelos com uma operação de venda de volatilidade a partir da comparação com a volatilidade efetivamente realizada a partir daquela data, ou seja, quando o limite superior do cone fosse superado. Já a tabela 5 apresenta os resultados obtidos pelos dois modelos com uma operação de compra de volatilidade a partir da comparação com a volatilidade efetivamente realizada a partir daquela data, ou seja, quando o limite inferior do cone fosse superado.

Tabela 4 – Resultado de uma operação de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Petrobras

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Máximo	27,73%	29,28%
Percentil 90%	20,51%	18,53%
Média	10,89%	9,94%
Percentil 10%	1,78%	1,13%
Mínimo	-8,84%	-9,02%
Desvio Padrão	7,49%	7,22%
Teste T para amostra simples	16,99	14,89
Sig.	0,000	0,000
n	136	117
Teste T de amostras independentes	1,048	
Sig.	0,296	

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

Tabela 5 – Resultado de uma operação de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Petrobras

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Máximo	24,63%	22,27%
Percentil 90%	17,44%	16,38%
Média	7,59%	11,58%
Percentil 10%	-1,45%	3,03%
Mínimo	-5,79%	-1,08%
Desvio Padrão	7,86%	6,30%
Teste T para amostra simples	5,201	6,455
Sig.	0,000	0,000
n	30	12
Teste T de amostras independentes		1,678
Sig.		0,101

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

Uma análise da tabela 4 mostra que pelo modelo de Corrado e Su houve um ganho máximo de 27,73%, ou seja, uma operação de venda de volatilidade neste momento resultaria em um lucro de 27,73% sobre a variação da volatilidade implícita e a volatilidade realizada, contra uma perda máxima de 8,84% sobre esta variação. Já pelo modelo de Black e Scholes, haveria um ganho máximo de 29,28% contra uma perda máxima de 9,02%. Na média, os resultados foram positivos para os dois modelos, 10,89% e 9,94%, respectivamente.

Os resultados para as operações de venda de volatilidade mostram que os dois modelos apresentam ganhos estatisticamente significativos, pois a hipótese nula de que a média dos resultados é menor ou igual a zero a qualquer nível de significância é rejeitada. Porém, embora a média dos resultados calculados pelo modelo de Corrado e Su tenha sido maior que a obtida pelo modelo de Black e Scholes, um teste estatístico comparativo entre as amostras não mostrou diferença estatisticamente significativa para os dois modelos.

Já no que tange a tabela 5 que mensura os resultados obtidos pela compra de volatilidade quando o limite inferior do cone é alcançado, os números não foram muito diferentes, pelo modelo de Corrado e Su houve um ganho máximo de 24,63% contra uma perda máxima de 5,79% e um ganho médio de 7,59%. Para o

modelo de Black e Scholes houve um ganho máximo de 22,27% contra uma perda máxima de 1,08% e uma média de 11,58%.

Novamente houve rejeição da hipótese nula a qualquer nível de significância, ou seja, a hipótese alternativa de que os ganhos são positivos pode ser aceita para os dois modelos. Mas, mesmo a média dos resultados de Black e Scholes sendo maior que a de Corrado e Su, tal diferença não é estatisticamente significativa, conforme mostra o teste feito entre as amostras, não se pode rejeitar a hipótese de igualdade entre as médias dos dois modelos para níveis de confiança menores ou iguais a 5%.

A seguir os dados foram separados pelos dias restantes até o vencimento, ou seja, em opções de curto prazo que tem até 33 dias úteis para o vencimento e opções de médio prazo que possuem entre 33 e 66 dias úteis para o vencimento. Tal separação conforme foi descrito na metodologia visa avaliar uma questão secundária que é a existência de diferença significativa entre os prazos até o vencimento das opções.

A tabela 6 mostra os dados separados pelo tempo até o vencimento pelos diferentes modelos no que tange ao topo do cone de volatilidade da Petrobras.

Tabela 6 – Resultado de uma operação de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Petrobras separadas em curto e médio prazo até o exercício

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Curto Prazo		
Máximo	21,57%	29,28%
Média	11,85%	11,28%
Mínimo	-8,84%	-9,02%
Desvio Padrão	8,14%	8,24%
n	73	60
Médio Prazo		
Máximo	27,73%	22,76%
Média	8,46%	7,42%
Mínimo	-0,68%	-0,56%
Desvio Padrão	6,00%	5,46%
n	63	57
Estatística de teste T	2,500	2,681
Sig.	0,014	0,009

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

Já a tabela 7 ilustra a mesma separação, mas para os dados do vale do cone de volatilidade, ou seja, aqueles que ultrapassaram o percentil inferior do cone de volatilidade para as opções da Petrobras.

Tabela 7 – Resultado de uma operação de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Petrobras separadas em curto e médio prazo até o exercício

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Curto Prazo		
Máximo	24,63%	22,27%
Média	8,50%	15,84%
Mínimo	-5,79%	13,40%
Desvio Padrão	9,39%	4,29%
n	15	4
Médio Prazo		
Máximo	14,76%	16,52%
Média	6,43%	9,70%
Mínimo	-1,43%	-1,08%
Desvio Padrão	6,14%	6,34%
n	15	8
Estatística de teste T	0,714	1,726
Sig.	0,481	0,115

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

Pela análise da tabela 6 pode-se concluir que houve um maior ganho médio estatisticamente significativo para as operações com opções de curto prazo, no que tange ao topo do cone de volatilidade, tanto para o modelo de Corrado e Su quanto para o modelo de Black e Scholes.

Na tabela 7 que mostra que no vale do cone, apesar das médias das operações realizadas com opções de curto prazo serem maiores que as de médio prazo, tal diferença não é estatisticamente significativa para um nenhum nível de confiança menor ou igual a 5%.

Para completar o estudo com as ações da Petrobras serão mostradas as operações com diferentes tipos de opções no que tange ao seu preço de exercício. As opções foram separadas em no dinheiro, dentro do dinheiro e fora do dinheiro. Esta análise é importante para mostrar se o efeito do “sorriso” de volatilidade

relacionado com a variação da volatilidade ao longo do tempo pode criar oportunidades de operações dentro do cone. A tabela 8 mostra o resultado das operações de venda de volatilidade, ou seja quando a volatilidade implícita atinge o topo superior do cone.

Tabela 8 – Resultado de uma operação de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Petrobras separadas em relação ao preço de exercício

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Dentro do dinheiro		
Máximo	27,73%	29,28%
Média	15,64%	14,74%
Mínimo	3,68%	5,30%
Desvio Padrão	6,87%	7,27%
n	39	31
No dinheiro		
Máximo	24,77%	22,56%
Média	9,83%	9,25%
Mínimo	-8,84%	-9,02%
Desvio Padrão	8,36%	8,23%
n	34	30
Fora do dinheiro		
Máximo	20,05%	18,44%
Média	7,98%	7,23%
Mínimo	-8,07%	-7,38%
Desvio Padrão	6,11%	5,76%
n	63	56
Estatística de teste F	13,609	10,892
Sig.	0,000	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

A tabela 8 mostra que no topo do cone, tanto pelo modelo de Corrado e Su, quanto pelo modelo de Black e Scholes, as opções dentro do dinheiro obtiveram os melhores resultados, com um resultado médio de 15,64% e 14,74%, respectivamente. O resultado da análise de variâncias (ANOVA) aplicado através de um teste F, mostra que estes resultados são estatisticamente significantes para qualquer nível de confiança.

A tabela 9, abaixo localizada, mostra os resultados oriundos de operações de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone de volatilidade.

Tabela 9 – Resultado de uma operação de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Petrobras separadas em relação ao preço de exercício

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (CS)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (BS)
Dentro do dinheiro		
Máximo	24,63%	16,52%
Média	6,73%	10,59%
Mínimo	-5,79%	-1,08%
Desvio Padrão	7,68%	6,26%
n	25	8
No dinheiro		
Máximo	22,36%	14,01%
Média	13,57%	13,14%
Mínimo	2,32%	12,27%
Desvio Padrão	10,24%	1,23%
n	3	2
Fora do dinheiro		
Máximo	12,15%	22,27%
Média	7,56%	16,70%
Mínimo	2,97%	11,13%
Desvio Padrão	6,49%	7,88%
n	2	2
Estatística de teste F	1,014	0,856
Sig.	0,376	0,454

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados capturados no sistema Economática

A tabela 9 mostra melhores resultados para as opções no dinheiro no que tange a parte inferior do cone de volatilidade, porém os resultados não são muito confiáveis, pois só foram verificados 3 dados para este tipo de opção pelo modelo de Corrado e Su e 2 dados para o modelo de Black e Scholes. Além disso, o teste F aplicado não rejeita a hipótese nula de igualdade entre os resultados para nenhum nível de significância menor ou igual a 5%.

As duas tabelas também mostram que o número de amostras para o modelo de Corrado e Su é maior ou igual ao modelo de Black e Scholes, graças

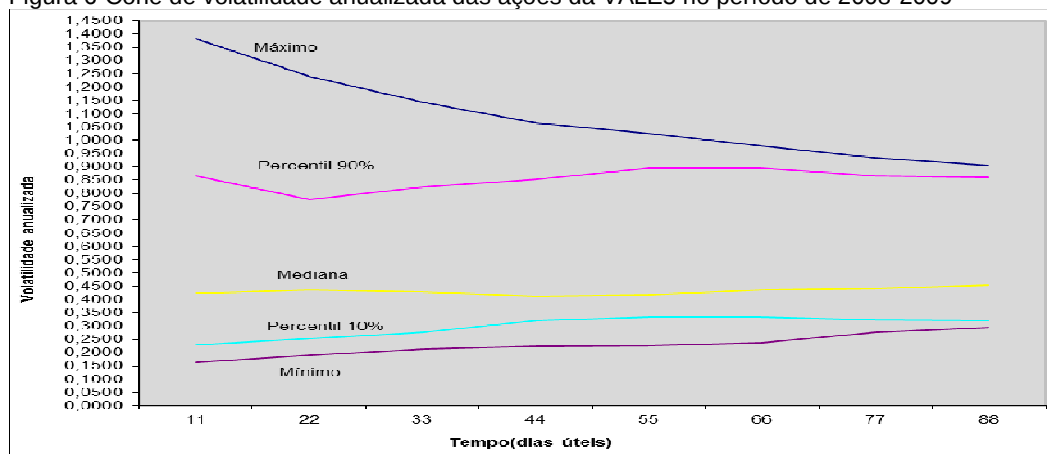
aos coeficientes de assimetria e curtose ocorridos no período, pois tais coeficientes divergiram bastante de zero e três respectivamente.

4.2 Vale

Assim como aconteceu com os dados da Petrobras, o cone de volatilidade construindo com os dados de 2008 e 2009 torna a análise inviável, pois conforme ilustra a Figura 1, o limite superior definido por Burghardt e Lane (1990), ou seja, o percentil 90% teve uma volatilidade anualizada variando entre 75,6% e 85,2%.

O resultado observado com a Petrobras também se repetiu com a Vale, ou seja, ao se observar as volatilidades implícitas obtidas pelo método inverso ao modelo de Corrado e Su (1996), em todo o ano de 2010, em nenhum momento esta estatística superou o topo do cone de volatilidade, e o valor máximo encontrado para a mesma foi de 55,02%. Da mesma forma ocorreu com o método de Black e Scholes (1973), onde seu valor máximo foi de 51,55%. Portanto, assim como os dados da Petrobras mostraram, o cone traçado com os dados históricos da Vale neste período turbulento não teria seu limite superior em nenhum momento, o que tornaria a análise de venda de volatilidade inviável.

Figura 6-Cone de volatilidade anualizada das ações da VALE5 no período de 2008-2009

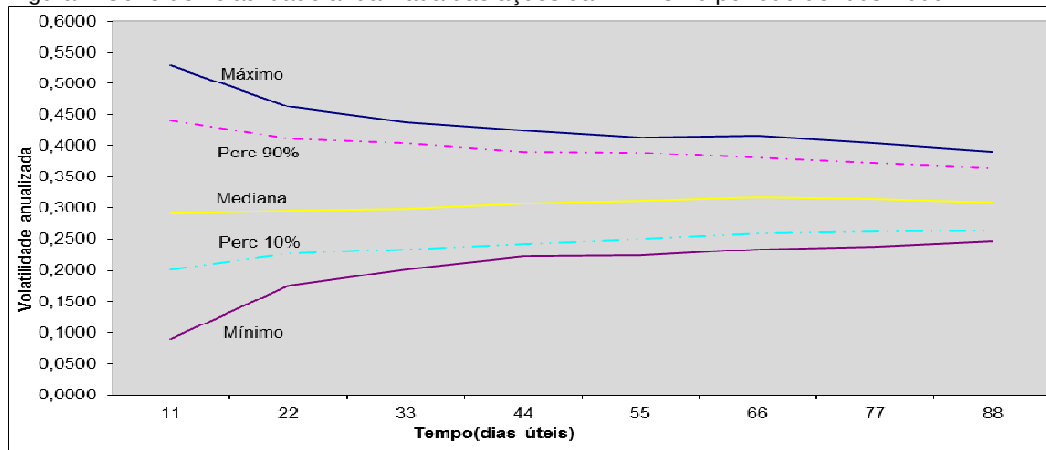


Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

O mesmo procedimento adotado na seção anterior foi realizado com a Vale e o cone que mais se assemelhou ao comportamento dos dados de opções a serem sobrepostos, foi o do período entre 03/01/2005 e 28/12/2006. Além disso, o comportamento do cone é bem definido com a amplitude da volatilidade

anualizada inversamente proporcional ao número de dias úteis restantes. A Figura 7 ilustra esse cone de volatilidade.

Figura 7-Cone de volatilidade anualizada das ações da VALE5 no período de 2005-2006

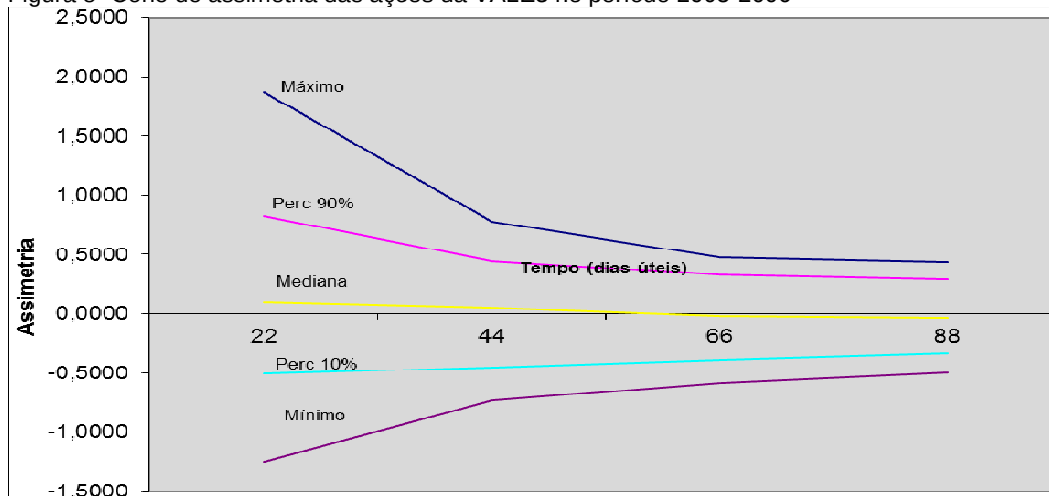


Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

O passo seguinte do estudo para as ações da Vale foi a análise dos cones de assimetria e curtose e assim como ocorreu com a Petrobras, há uma grande diferença entre esses parâmetros e o que o modelo de Black e Scholes utiliza, ou seja, assimetria igual a 0 e curtose igual a 3 (excesso de curtose igual a zero).

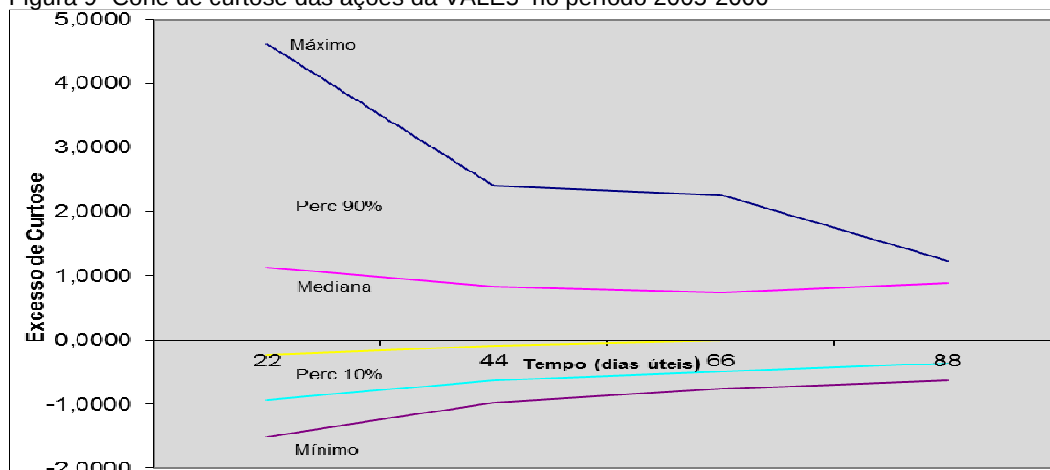
As figuras 8 e 9 ilustram bem a existência destes cones de assimetria e curtose. Tais cones, assim como ocorreu com o cone de volatilidade, possuem uma maior amplitude quanto menor o prazo até o vencimento das opções.

Figura 8- Cone de assimetria das ações da VALE5 no período 2005-2006



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

Figura 9- Cone de curtose das ações da VALE5 no período 2005-2006



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

Os testes de raiz unitária foram aplicados tanto para a volatilidade implícita calculada pelo modelo de Corrado e Su, quanto pela volatilidade implícita calculada pelo modelo de Black e Scholes, conforme mostram as tabelas 10 e 11.

Tabela 10- Teste da raiz unitária para a volatilidade implícita de opções da Vale obtidas pelo modelo de Corrado e Su

Augmented Dickey-Fuller (estatística de teste)	-14.96526
Prob.(p-valor)	0,0000
Valor crítico (5%)	-2.86338

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

Tabela 11 - Teste da raiz unitária para a volatilidade implícita de opções da Vale obtidas pelo modelo de Black e Scholes

Augmented Dickey-Fuller (estatística de teste)	-15.79309
Prob.(p-valor)	0,0000
Valor crítico (5%)	-2.86341

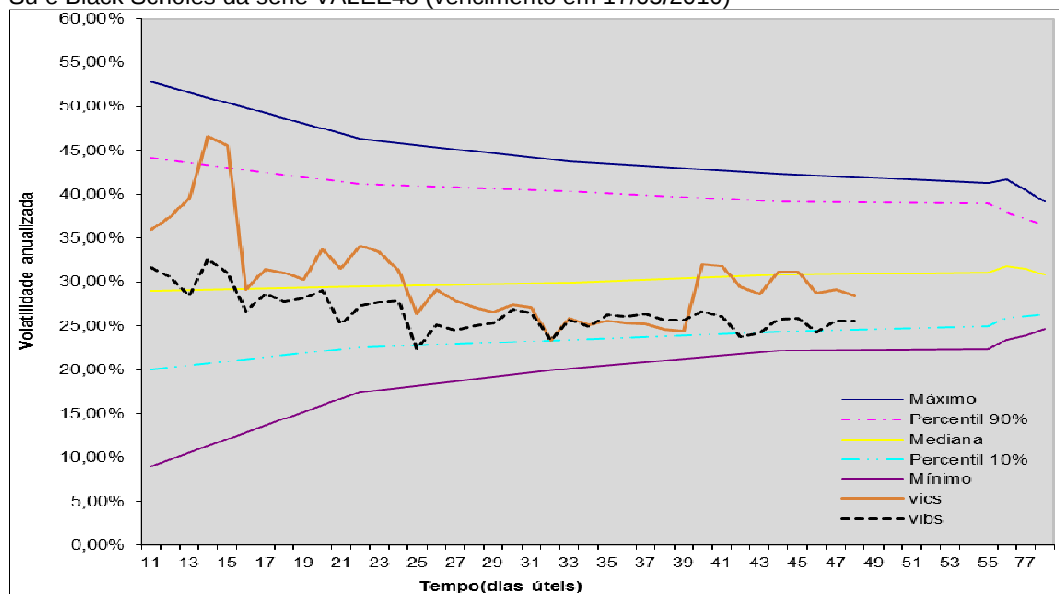
Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

Em ambos os testes a hipótese nula de raiz unitária foi rejeitada, o que valida a premissa do modelo de que a volatilidade implícita segue um processo de reversão à média, da mesma forma que os trabalhos de Burghardt e Lane (1990) e Cerqueira (2010).

O próximo passo foi sobrepor ao cone de volatilidade as volatilidades implícitas calculadas pelos dois modelos. A figura 10 mostra as oportunidades de

compra ou de venda de volatilidade para a opção VALEE48 com vencimento em 17/05/2010.

Figura 10-Cone de volatilidade da VALE5 representado pelos limites máximo, mínimo, percentil 90% e percentil 10%, sobreposto com a evolução das volatilidades implícitas obtidas por Corrado-Su e Black Scholes da série VALEE48 (vencimento em 17/05/2010)



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

A análise da figura mostra que o limite superior do cone foi superado somente pelo modelo de Corrado e Su, quando faltavam 14 e 15 dias úteis para o vencimento das opções. A volatilidade implícita nestes dias alcançou 46,59% e 45,63%, respectivamente. Já os coeficientes de assimetria e excesso de curtose alcançaram -1,2469 e 5,1145 em 14 dias úteis para o vencimento e -1,3332 e 5,2748 em 15 dias úteis para o vencimento.

As grandes diferenças encontradas entre os coeficientes de assimetria e curtose nestes dias e tais coeficientes utilizados na distribuição normal de probabilidade servem para explicar as diferenças de volatilidade implícita encontradas para os dois modelos nestes dias.

Os ganhos seriam de 2,84% se fosse feita uma operação de venda de volatilidade em 14 dias úteis para o vencimento e de 3,59% se fosse feita uma operação de venda de volatilidade com 15 dias úteis para o vencimento.

Já o limite inferior do cone de volatilidade só foi superado pelo modelo de Black e Scholes, quando faltavam 26,44 e 48 dias úteis para o vencimento. A volatilidade implícita nestes dias foi de 22,36%, 23,78% e 24,33% respectivamente. Os coeficientes de assimetria e excesso curtose foram de 0,5847

e -0,4325 para 26 dias úteis, -0,8587 e 2,9610 para 44 dias úteis e -0,6663 e 2,4478 para 48 dias úteis até o vencimento. Tais coeficientes fizeram com que a volatilidade implícita calculada pelo modelo de Corrado e Su se situasse acima da volatilidade implícita calculada pelo modelo de Black e Scholes, fazendo com que o limite inferior do cone não fosse alcançado no primeiro modelo em contrapartida ao rompimento destes limites inferiores no segundo modelo estudado.

Para 26 dias úteis até o vencimento uma operação de compra de volatilidade resultaria num ganho de 13,35%, em 44 dias úteis para o vencimento uma compra de volatilidade resultaria um ganho de 6,56% e uma operação de compra de volatilidade faltando 48 dias úteis para o vencimento geraria um resultado positivo de 5,39%.

A seguir serão mostrados os resultados encontrados para todas estas operações. A tabela 12 mostra os resultados obtidos no topo do cone, ou seja, resultados oriundos de uma operação de venda de volatilidade. Já a tabela 13 mostra os resultados obtidos em uma operação de compra de volatilidade, ou seja, quando o limite inferior do cone fosse alcançado pelos dados sobrepostos da volatilidade implícita obtida pelos dois modelos estudados.

Tabela 12 – Resultado de uma operação de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Máximo	31,52%	14,99%
Percentil 90%	27,83%	14,24%
Média	10,87%	7,77%
Percentil 10%	-2,90%	0,26%
Mínimo	-8,84%	-2,53%
Desvio Padrão	11,07%	5,38%
Teste T para amostra simples	7,220	6,128
Sig.	0,000	0,000
N	54	18
Teste T de amostras independentes	1,141	
Sig.	0,258	

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

Tabela 13 – Resultado de uma operação de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Máximo	33,30%	17,99%
Percentil 90%	17,28%	15,48%
Média	3,00%	0,62%
Percentil 10%	-3,81%	-4,42%
Mínimo	-6,81%	-7,98%
Desvio Padrão	9,30%	6,96%
Teste T para amostra simples	3,286	0,720
Sig.	0,001	0,474
N	104	66
Teste T de amostras independentes		1,786
Sig.		0,076

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Economática

A tabela 12 mostra que no topo do cone de volatilidade a média os resultados obtidos pelo modelo de Corrado e Su foram superiores aos resultados obtidos pelo modelo de Black e Scholes: 10,87% contra 7,77%. Os testes estatísticos mostram que em ambos os modelos os ganhos foram significantes, porém a hipótese de igualdade entre a média dos modelos não pode ser rejeitada a um nível de confiança de 5%.

Por outro lado, a tabela 13, que mostra os resultados de operações realizadas no percentil inferior do cone de volatilidade, aponta para uma média de 3,00% para a compra de volatilidade pelo modelo de Corrado e Su e uma média de 0,62% pelo modelo de Black e Scholes. As estatísticas de teste mostram que os ganhos médios pelo primeiro modelo são estatisticamente significantes a um nível de 5%, já os do segundo modelo, não. Porém, a esse mesmo nível de confiança não há como afirmar diferença estatisticamente significativa entre os modelos.

A próxima etapa da análise das opções da Vale foi feita a partir da separação das opções pelo seu prazo de vencimento, ou seja, entre opções de curto e médio prazo. A tabela 14 mostra os resultados obtidos no percentil 90% do cone e a tabela 15 mostra os resultados obtidos no percentil 10%.

Tabela 14 – Resultado de uma operação de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale separadas em curto e médio prazo até o exercício

Estatísticas	Ganho com a Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Implícita no de topo do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Curto Prazo		
Máximo	31,52%	14,99%
Média	14,75%	9,04%
Mínimo	-3,59%	-2,53%
Desvio Padrão	12,04%	6,68%
N	30	8
Médio Prazo		
Máximo	22,16%	13,03%
Média	6,04%	6,75%
Mínimo	-4,38%	0,14%
Desvio Padrão	7,46%	4,17%
n	24	10
Estatística de teste T	3,096	0,892
Sig.	0,003	0,386

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

Tabela 15 – Resultado de uma operação de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale separadas em curto e médio prazo até o exercício

Estatísticas	Ganho com a Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Implícita no de vale do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Curto Prazo		
Máximo	33,30%	11,51%
Média	5,28%	-2,04%
Mínimo	-3,74%	-7,98%
Desvio Padrão	9,34%	4,45%
n	29	16
Médio Prazo		
Máximo	29,55%	17,99%
Média	2,12%	1,47%
Mínimo	-6,81%	-4,81%
Desvio Padrão	9,20%	7,42%
n	75	50
Estatística de teste T	1,565	2,295
Sig.	0,121	0,027

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

No que tange ao limite superior do cone, pode-se dizer que na média os resultados das operações de curto prazo obtidas através do modelo de Corrado e Su foram superiores às operações de médio prazo deste mesmo modelo, com ganhos de 14,75% contra ganhos de 6,04%. E ainda, os testes estatísticos apontam que a média dos ganhos das operações de curto prazo foi significativamente maior que a média dos ganhos das operações de médio prazo.

A tabela 14 mostra que, pelo modelo de Black e Scholes, novamente as operações de curto prazo tiveram ganhos médios maiores que as de médio prazo, 9,04% e 6,75%, respectivamente. Porém não se pode afirmar estatisticamente que estes ganhos foram superiores a um nível de confiança de 5%.

Já a tabela 15 mostra os resultados encontrados para o limite inferior do cone e aponta ganhos médios maiores para as operações com opções de curto prazo perante as de longo prazo pelo modelo de Corrado e Su: 5,28% contra 2,12%. Porém pelo modelo de Black e Scholes ocorre exatamente o contrário: perdas médias de 2,04% nas opções de curto prazo e ganhos médios de 1,47% nas de médio prazo.

Pelo modelo de Corrado e Su não se pode dizer com confiança estatística de 5% que houve diferenças entre estas médias de ganhos entre operações de curto e médio prazo. Porém, pelo modelo de Black e Scholes pode-se dizer que as operações de médio prazo foram realmente melhores que as de médio prazo para este mesmo nível de confiança.

Novamente o número de observações para o modelo de Corrado e Su foi maior tanto na parte superior, quanto na parte inferior do cone de volatilidade, devido ao fato dos coeficientes de assimetria e curtose no período analisado terem sido muito maiores que os coeficientes observados na distribuição log-normal utilizada pelo modelo de Black e Scholes.

Para finalizar o trabalho serão apresentadas as tabelas 16 e 17, que mostram a diferença entre os ganhos com as operações realizadas com as opções separadas pelos seus diferentes preços de exercício. A primeira tabela mostra os resultados das operações realizadas no topo do cone de volatilidade e a segunda tabela mostra os resultados para operações realizadas no vale do cone de volatilidade.

Tabela 16 – Resultado de uma operação de venda de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale separadas em relação ao preço de exercício

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Dentro do dinheiro		
Máximo	31,52%	14,99%
Média	15,50%	8,95%
Mínimo	-4,37%	0,14%
Desvio Padrão	11,17%	5,64%
n	30	6
No dinheiro		
Máximo	22,16%	14,12%
Média	8,80%	11,96%
Mínimo	-8,84%	10,21%
Desvio Padrão	8,83%	1,73%
n	13	5
Fora do dinheiro		
Máximo	5,02%	11,24%
Média	0,71%	3,77%
Mínimo	-3,58%	-2,53%
Desvio Padrão	3,24%	4,34%
n	11	7
Estatística de teste F	10,036	5,504
Sig.	0,000	0,016

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômatica

A tabela 16 mostra que os resultados obtidos pelo modelo de Corrado e Su são melhores para opções dentro do dinheiro, apresentando ganhos médios de 15,50% contra ganhos médios de 8,80% para as opções no dinheiro e de 0,71% para as opções fora do dinheiro. Já pelo modelo de Black e Scholes as opções no dinheiro tiveram melhores resultados, ganhos médios de 11,96% contra ganhos de 8,95% das opções dentro do dinheiro e de 3,77% nas opções fora do dinheiro.

Os resultados pelos dois modelos foram estatisticamente significantes para um nível de confiança de 5%, ou seja, pode-se afirmar a este nível de confiança que pelo modelo de Corrado e Su as opções dentro do dinheiro tiveram melhores resultados e pelo modelo de Black e Scholes as opções no dinheiro foram as melhores.

Tabela 17 – Resultado de uma operação de compra de volatilidade quando a volatilidade implícita atinge o limite inferior do cone pelos modelos de Corrado –Su e Black-Scholes a partir da comparação com a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale separadas em relação ao preço de exercício

Estatísticas	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Corrado e Su)	Ganho com a Variação da Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade (Black e Scholes)
Dentro do dinheiro		
Máximo	33,30%	16,66%
Média	13,37%	0,55%
Mínimo	-6,81%	-7,98%
Desvio Padrão	16,34%	6,49%
n	11	12
No dinheiro		
Máximo	26,21%	17,22%
Média	13,15%	10,72%
Mínimo	-4,40%	-2,09%
Desvio Padrão	8,53%	7,55%
n	12	7
Fora do dinheiro		
Máximo	19,01%	17,99%
Média	0,08%	0,87%
Mínimo	-4,35%	-7,16%
Desvio Padrão	5,40%	5,75%
n	81	47
Estatística de teste F	27,030	11,084
Sig.	0,000	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados da Econômica

Já a tabela 17, que trata dos resultados obtidos na parte inferior do cone de volatilidade, mostra que para o modelo de Corrado e Su novamente as opções dentro do dinheiro tiveram os melhores resultados na média: 13,37% em detrimento a 13,15% das opções no dinheiro e 0,08% das opções fora do dinheiro. Por outro lado, pelo modelo de Black e Scholes a média dos ganhos das operações com as opções no dinheiro novamente foi superior, 10,72% contra 0,55% das opções dentro do dinheiro e 0,87% das opções fora do dinheiro.

Os testes estatísticos novamente apontam que houve diferença significativa no que tange as opções classificadas pelo seu preço de exercício, tanto pelo modelo de Corrado e Su (1996), quanto pelo modelo de Black e Scholes (1973).