

4. Resultados

Este capítulo apresenta os resultados encontrados através da metodologia descrita no capítulo anterior. O conteúdo deste capítulo está dividido em duas seções e cada uma delas descreve as análises para uma determinada ação. Na primeira seção são apresentados os resultados encontrados para as opções da Vale e na segunda seção os resultados para opções da Petrobras. Dentro de cada seção é apresentado o teste de reversão à média para a volatilidade implícita, as propriedades do cone de volatilidade, os resultados encontrados na utilização do cone para identificação de oportunidades de compra e venda de opções.

Além disso, são realizados testes que verificam se existe diferença de desempenho ao utilizar o cone de volatilidade em opções dentro do dinheiro, no dinheiro e fora do dinheiro e se opções com duração até o exercício de curto prazo apresentam melhor desempenho que opções com prazo médio. Adicionalmente é apresentado o resultado encontrado com a utilização do cone de volatilidade diante de um período de extrema incerteza do mercado financeiro devido à crise de crédito dos bancos americanos.

4.1. Cone de volatilidade para opções da Vale

Uma das principais premissas do cone de volatilidade é de que a volatilidade implícita segue um processo estocástico de reversão à média. Dessa forma toda vez que a volatilidade implícita ultrapassar o limite superior ou inferior da distribuição da volatilidade histórica para cada horizonte de tempo até o exercício há uma tendência de a mesma retornar à média no longo prazo.

A tabela abaixo apresenta o teste da raiz unitária para avaliação se a série temporal da volatilidade implícita segue um processo estocástico de reversão à média. A estatística de teste utilizada foi a ADF (Argumented Dickey-Fuller) a um nível de significância de 5%.

ADF (estatística de teste)	-3,190
Prob. (p-valor)	0,021
Valor Crítico (5%)	-2,869

Tabela 1 - Teste da raiz unitária para a volatilidade implícita de opções da Vale

De acordo com o teste acima se rejeita a hipótese nula da raiz unitária. Com isso, pode-se concluir que a volatilidade implícita segue um processo estocástico de reversão à média, validando dessa forma, a premissa do modelo.

A tabela abaixo apresenta os valores de volatilidade para horizontes de tempo que vão desde 15 dias até 120 dias. Como indicado na metodologia do capítulo anterior, o horizonte de tempo refere-se ao intervalo de dados utilizado para o cálculo do desvio-padrão considerando um incremento de 15 dias úteis na base de retornos diários do dia 3 de janeiro de 2005 até o dia 30 de junho de 2008.

Data	15	30	45	60	75	90	105	120
24/1/2005	36,3%							
17/2/2005	19,6%	29,6%						
10/3/2005	43,6%	34,4%	34,7%					
1/4/2005	42,1%	43,4%	37,1%	36,8%				
25/4/2005	37,9%	39,4%	41,8%	37,4%	37,3%			
16/5/2005	41,6%	39,1%	39,7%	41,6%	38,1%	38,0%		
7/6/2005	36,6%	39,3%	38,6%	39,2%	40,6%	37,8%	37,7%	
28/6/2005	30,6%	33,2%	36,3%	36,6%	37,5%	38,9%	36,8%	36,8%
19/7/2005	26,0%	28,1%	30,8%	34,0%	34,9%	36,0%	37,4%	35,6%
9/8/2005	21,1%	23,3%	26,0%	28,6%	32,0%	33,3%	34,5%	35,9%
30/8/2005	25,4%	23,6%	24,1%	25,8%	28,0%	30,9%	32,1%	33,4%
21/9/2005	27,9%	27,7%	25,5%	25,4%	26,5%	28,2%	30,8%	32,0%
13/10/2005	40,4%	36,0%	32,7%	30,2%	29,3%	29,4%	30,3%	32,2%
4/11/2005	37,8%	39,2%	36,2%	33,8%	31,6%	30,6%	30,6%	31,2%
28/11/2005	21,1%	30,4%	34,0%	33,1%	31,6%	30,1%	29,5%	29,5%
19/12/2005	26,6%	23,6%	29,1%	32,1%	31,9%	30,8%	29,6%	29,1%
10/1/2006	18,1%	22,9%	22,1%	26,7%	29,9%	30,0%	29,3%	28,4%
1/2/2006	22,4%	20,0%	22,7%	22,2%	25,9%	28,8%	29,0%	28,5%
22/2/2006	28,3%	27,0%	24,5%	24,9%	24,1%	26,8%	29,0%	29,2%
17/3/2006	32,5%	30,2%	28,6%	26,6%	26,4%	25,5%	27,6%	29,3%
7/4/2006	20,4%	27,5%	28,2%	27,1%	25,6%	25,7%	25,0%	26,8%
3/5/2006	29,8%	25,3%	28,0%	28,5%	27,5%	26,2%	26,2%	25,5%
24/5/2006	28,4%	29,6%	27,3%	28,5%	28,6%	27,9%	26,8%	26,7%
14/6/2006	43,0%	35,8%	34,5%	32,2%	32,0%	31,4%	30,6%	29,4%
6/7/2006	38,9%	43,0%	38,8%	36,6%	34,2%	33,8%	33,1%	32,1%
27/7/2006	38,1%	39,0%	41,0%	38,3%	36,7%	34,7%	34,2%	33,6%
17/8/2006	27,0%	32,5%	35,4%	37,8%	36,2%	35,1%	33,6%	33,3%
8/9/2006	30,7%	28,4%	31,5%	34,1%	36,3%	35,2%	34,4%	33,1%
29/9/2006	33,8%	31,7%	29,9%	31,8%	33,9%	35,7%	34,8%	34,2%
23/10/2006	26,5%	30,6%	30,4%	29,5%	31,2%	32,8%	34,7%	34,1%
14/11/2006	25,8%	25,8%	28,8%	29,2%	28,8%	30,4%	31,9%	33,7%
7/12/2006	30,7%	27,9%	27,1%	29,1%	29,4%	29,0%	30,4%	31,7%
2/1/2007	18,6%	25,0%	25,0%	25,2%	27,2%	27,8%	27,7%	29,1%
23/1/2007	38,6%	29,8%	29,8%	28,6%	28,1%	29,1%	29,4%	29,1%
Máximo	43,6%	43,4%	41,8%	41,6%	40,6%	38,9%	37,7%	36,8%
+1 desvio	38,5%	37,2%	36,8%	36,3%	35,7%	35,2%	34,7%	34,2%
media	30,8%	31,0%	31,3%	31,3%	31,4%	31,4%	31,3%	31,2%
-1 desvio	23,1%	24,8%	25,7%	26,4%	27,0%	27,5%	27,9%	28,3%
Mínimo	18,1%	20,0%	22,1%	22,2%	24,1%	25,5%	25,0%	25,5%
Amplitude	25,5%	23,3%	19,7%	19,4%	16,5%	13,5%	12,7%	11,3%
Coefficiente de Variação	25,0%	19,9%	17,7%	15,9%	13,9%	12,2%	10,9%	9,6%
Curtose	-1,148	-0,708	-0,941	-0,867	-0,865	-0,822	-0,685	-0,830
Assimetria	0,108	0,406	0,255	0,253	0,331	0,367	0,197	-0,024

Tabela 2 - Histograma de volatilidade histórica da VALE5 para intervalos de tempo de 15,30,45,60,75,90,105 dias

As distribuições de volatilidade para os diferentes horizontes de tempo apresentam características similares de assimetria e curtose, todas exceto a faixa de 120 dias apresentaram uma assimetria para a direita indicando uma maior concentração de valores abaixo acima das outras faixas de tempo.

Assim como em Burghart e Lane (1990) a volatilidade realizada no curto prazo apresenta maior variabilidade do que a volatilidade no longo prazo. A volatilidade calculada com horizonte de tempo de 15 dias apresentou um valor máximo de 43,6% e um valor mínimo de 18,1%, uma amplitude de 25,5%, enquanto isso para um horizonte de tempo até 120 dias até o exercício o valor máximo da volatilidade histórica foi de 36,8% e um valor mínimo de 25,5%, uma amplitude de 11,3%. Esse comportamento reforça a premissa avaliada na literatura sobre a estrutura a termo da volatilidade de que novas informações no mercado causam maior impacto na volatilidade de opções no curto prazo do que opções de longo prazo, pois considerando o mercado perfeito todas as informações do mercado já estarão consideradas no preço das opções na proximidade ao exercício.

A evidência da significativa diferença entre as volatilidades no curto prazo e longo prazo revela que avaliações de preço de opções baseadas em métodos de cálculo de volatilidade com base em período fixo podem trazer grandes erros por não considerarem as reais amplitudes da volatilidade de acordo com o prazo até o exercício. Dependendo do momento da avaliação do preço da opção, se o prazo até o exercício for maior do que o período fixo considerado no cálculo da volatilidade pode-se estar superestimado os possíveis valores que a mesma pode atingir, ao mesmo tempo se o período até o exercício for menor é possível que se subestime a amplitude que a volatilidade pode apresentar. Esse resultado é

importante não só para avaliação de preço de opções, mas também na gestão de carteira de risco permite que seja feita uma modelagem de risco mais adequada às variações temporais. Nesse sentido, o cone de volatilidade suporta de maneira simples o entendimento dos valores extremos que a opção pode chegar ao representar as características da volatilidade ao longo do tempo até o exercício.

No entanto, a maior utilidade do cone de volatilidade está em indicar se o valor da volatilidade implícita para uma série de opções está acima ou abaixo das estatísticas de variabilidade da distribuição da volatilidade para um determinado período de dias até o exercício. A figura 1 esclarece a forma como é feita a identificação das oportunidades de compra e venda de volatilidade. No gráfico estão representados os valores do cone de volatilidade e sobreposto ao mesmo a evolução da volatilidade da série G com preço de exercício em 50 no período de 21 de maio de 2008 até 30 de junho de 2008. O eixo vertical do gráfico representa os valores de volatilidade e o eixo horizontal os dias até o exercício da opção. É importante notar a evolução do gráfico da esquerda para a direita, pois a cada dia que passa o tempo até o exercício da opção diminui.

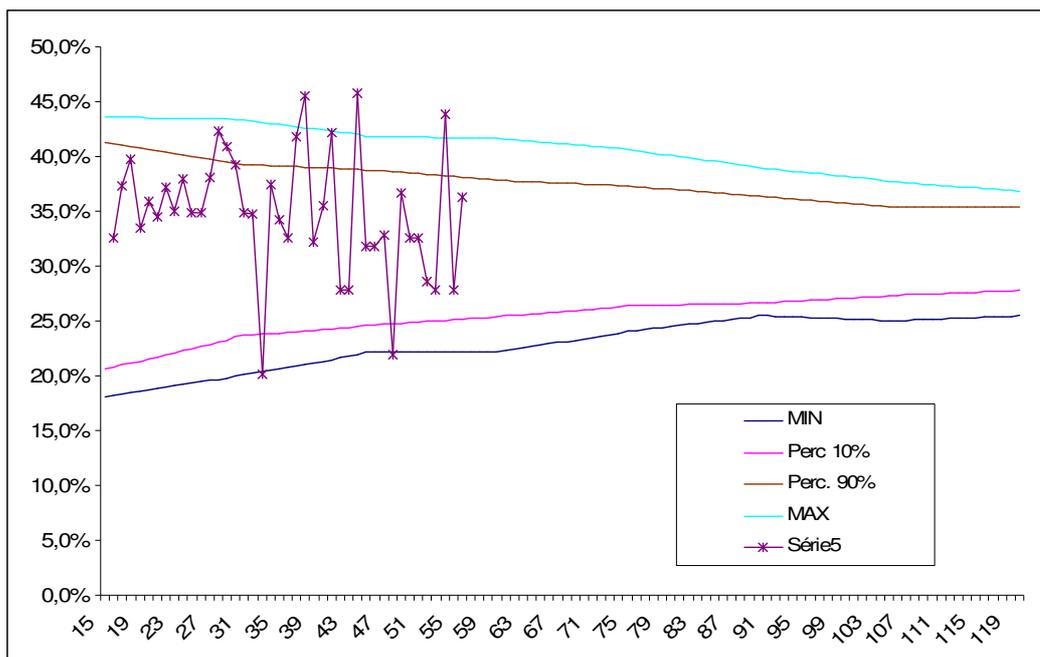


Figura 1 - Cone de volatilidade da VALE5 representado pelos limites máximo, mínimo, percentil 90% e percentil 10% sobreposto com a evolução da volatilidade implícita da série VALE5

No exemplo acima pode ser verificado que a volatilidade implícita da série ultrapassa o limite superior representado pelo percentil 90% do cone de volatilidade com 41 dias úteis até o exercício ao atingir o valor de 42%, este evento se repete por mais três vezes com 38 e 28 dias respectivamente. O limite inferior só foi atingido uma única vez quando a volatilidade alcançou os 20% com 33 dias até o exercício. Apesar da grande oscilação da volatilidade atingindo os limites superior e inferior, a mesma passa a convergir para um valor médio em torno de 35% fechando em 33%, muito próximo a média do cone de volatilidade para 15 dias de 30,5%. Neste caso se uma posição de venda de volatilidade fosse aberta aos 41 dias antes do exercício o resultado obtido teria sido ganho positivo de 9,6% sobre a variação da volatilidade.

Esse método foi aplicado sobre as séries de opções presentes na base dados no período de 03 de janeiro de 2005 até 30 de junho de 2009. Como citado na metodologia, a série de dados foi segmentada em duas novas séries

compreendidas no período de 03 de janeiro de 2005 até 29 de 30 de junho de 2008 e 01 de junho de 2008 até 30 de junho de 2009. O objetivo desta segmentação é avaliar a utilização do cone diante de duas condições de mercado diferenciadas e verificar qual o resultado da ferramenta em um teste de estresse caracterizado por um período de extrema incerteza iniciado a partir de setembro de 2008 com a crise de crédito dos bancos americanos.

No período de 03 de janeiro de 2005 até 30 de junho de 2008 foram analisadas 90 séries de opções. Para cada uma dessas opções foram considerados na análise somente os valores de volatilidade referente aos primeiros 44 dias até o exercício. Essa restrição se deve ao fato das opções só apresentarem liquidez com dois meses até o exercício, a utilização de opções com período mais longo poderia gerar distorções e apresentar resultados não factíveis diante da dinâmica do mercado de opções brasileiro.

Além disso, foram retiradas da amostra opções que apresentaram um índice de *moneyness* menor do que 0,95 e maior do 1,05 no primeiro dia de operação. Com isso se eliminou séries de opções com valores de exercício muito distantes do preço da ação reduzindo dessa forma a utilização de valores de volatilidade muito discrepantes.

A tabela 3 apresenta os resultados encontrados para os eventos de compra e venda de volatilidade toda vez 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.

Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
Máximo	50,0%	42%
Percentil 90%	32,0%	26,0%
Percentil 10%	-14,6%	-2,0%
Mínimo	-40,0%	-24,0%
Média	6,6%	9,5%
Desvio - padrão	18%	12%
T-value	2,50	5,49
Sig.	0,016	0,000
Número de observações	49	49

Tabela 3 – Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis maiores ou menores que o cone de volatilidade e a volatilidade realizada a partir da data de comparação até o exercício das opções da Vale.

Nos dias em que a volatilidade implícita foi negociada acima do limite superior do cone de volatilidade foi descoberto que a volatilidade implícita foi sistematicamente mais alta. A maior diferença encontrada foi de 50%. Uma posição de venda de opção neste caso iria gerar um lucro de 50% sobre a variação da volatilidade implícita e a volatilidade realizada. O pior resultado encontrado foi uma variação negativa de 40% e, em 10% dos casos, o resultado foi uma perda de até 14,6%.

Na média todas as vezes que a volatilidade implícita atinge o limite superior do cone de volatilidade a variação da volatilidade foi de 6,6%, ou seja, se uma posição de venda de volatilidade fosse aberta com a indicação do cone de volatilidade a rentabilidade esperada com as operações seria de 6,6% de acordo a variação da volatilidade. A análise de hipótese de que a média dos resultados é menor ou igual a zero a um nível de significância de 5% indica que a hipótese nula pode ser rejeitada, ou seja, a média da variação da volatilidade pode ser considerada maior que zero.

Além disso, quando a volatilidade implícita foi menor que o limite inferior do cone de volatilidade os resultados também mostram que a utilização do cone de volatilidade pode trazer informações que melhoram a previsão de volatilidade futura. O melhor resultado encontrado foi uma variação de 42% e média de 9,5%. Novamente o ganho médio maior que zero é estatisticamente significativo a um nível de serviço de 5%. Neste caso o pior resultado encontrado foi uma variação negativa de 24%, com uma perda de até 2% para os 10% piores resultados encontrados.

O que esses resultados mostram é que o mercado de opções não é inteiramente eficiente, pelo menos quando a volatilidade implícita é negociada em valores muito altos ou muito baixos ao longo dos dias exercício, ou seja, o cone de volatilidade pode auxiliar no processo de decisão de compra e venda de opções ao ser comparado com a volatilidade implícita para um período até o exercício determinado.

Após a constatação desses resultados a próxima tarefa foi identificar se existe diferença de desempenho na utilização do cone de volatilidade entre opções dentro dinheiro, opções no dinheiro e opções fora do dinheiro. Essa análise é importante uma vez que relaciona os efeitos do fenômeno do sorriso de volatilidade com a variação da volatilidade no tempo. Procura-se entender então se as distorções na volatilidade implícita causadas pelo efeito do sorriso de volatilidade reforçam as indicações de oportunidade de compra e venda para as opções.

A tabela 4 apresenta um resumo dos resultados encontrados para cada tipo de opção. Utilizando a mesma metodologia acima, as variações da volatilidade foram calculadas toda vez que a volatilidade implícita ultrapassou o limite

superior ou inferior do cone de volatilidade comparado com a volatilidade realizada no período até o exercício.

	Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
fora do dinheiro	máximo	12%	16%
	média	-6%	7%
	mínimo	-39,8%	-2%
	# observações	16	2
no dinheiro	máximo	30%	13%
	média	5%	3%
	mínimo	-17%	-11%
	# observações	6	18
dentro do dinheiro	máximo	41%	42%
	média	14%	15%
	mínimo	-10%	-16%
	# observações	27	29
Estadística F		8,083	16,237
Sig.		0,001	0,000

Tabela 4 - Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis superiores ou inferiores ao cone de volatilidade a volatilidade realizada até o exercício para opções da Vale fora-do-dinheiro, no-dinheiro e dentro-do-dinheiro

As opções fora do dinheiro em média tiveram uma variação negativa de 6% para os eventos em que a volatilidade implícita ultrapassou o limite superior do cone de volatilidade. Neste caso operações realizadas a partir da indicação do cone de volatilidade teriam em média prejuízo de 6% com o pior resultado em 39,8%. Nos eventos em que a volatilidade implícita foi menor que o limite inferior à média encontrada foi de 7% com um mínimo de -2%. Apesar de apresentar um resultado positivo no segundo caso, o mesmo pode ser questionado devido ao número muito pequeno de observações.

Ao contrario das opções fora do dinheiro, opções no dinheiro em média tiveram uma variação positiva de 5% ao atingirem o topo do cone de volatilidade e 3% quando a volatilidade implícita esteve menor que o limite inferior do cone. O melhor resultado encontrado foi uma variação de 30% pelo topo, ou seja, desde

o momento em que a volatilidade implícita ultrapassou o topo do cone de volatilidade a volatilidade futura reduziu 30% até o exercício da opção.

No entanto o melhor desempenho encontrado foi o das opções dentro do dinheiro. Além de apresentarem um número de eventos maior com 27 observações de ultrapassagem do topo e 29 observações de ultrapassagem do vale, as opções dentro do dinheiro apresentaram média de 14% e 15% para variações no topo e no vale respectivamente. Os piores resultados em 10% e 16% também foram melhores que os encontrados nas opções no dinheiro e fora do dinheiro.

A análise de variância entre a média dos três tipos de opção confirma que a um nível de significância de 1% pode se rejeitar a hipótese nula de que as médias são iguais. O teste de Turkey realizado através do software SPSS confirma que existe diferença entre as médias e que a média das opções dentro do dinheiro é maior do que a média das opções fora do dinheiro a um nível de significância de 1%. No entanto não se pode garantir estatisticamente que média das opções dentro do dinheiro seja maior que as opções no dinheiro.

A comparação entre as opções com diferentes preços de exercício mostra que o cone de volatilidade não apresenta resultados positivos para as opções fora do dinheiro e que para opções no dinheiro e dentro do dinheiro a utilização do cone de volatilidade pode apresentar resultados positivos. No entanto para os três casos existem riscos de erro na previsão do movimento da volatilidade que podem levar a perdas de 10% a 39% na variação da volatilidade implícita.

A tabela 5 apresenta a comparação dos resultados do cone de volatilidade para opções de médio e curto prazo. Opções de médio prazo compreendem aquelas que o tempo até o exercício está entre 44 e 22 dias úteis e opções de curto prazo são opções com pelo menos 22 dias úteis até o vencimento.

	Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
curto prazo	máximo	41,16%	35,56%
	média	4,94%	14,85%
	mínimo	-26,5%	-0,31%
	# observações	38	10
médio prazo	máximo	37,29%	41,53%
	média	3,80%	9,87%
	mínimo	-39,8%	-16,25%
	# observações	42	49
Estatística F		0,103	1,54
Sig.		0,75	0,219

Tabela 5 - Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis superiores ou inferiores ao cone de volatilidade a volatilidade realizada até o exercício para opções da Vale de curto prazo e médio prazo até o exercício.

Tanto na análise pelo topo quanto pelo vale não existe diferença significativa entre os tipos de opções. Quando a volatilidade implícita esteve acima do cone de volatilidade o resultado médio para opções de curto prazo foi de 4,95% de variação positiva enquanto para opções de médio prazo foi de 3,8% e estatisticamente a um nível de significância de 5% não se pode rejeitar a hipótese nula de que as médias são iguais. Nos casos em que a volatilidade implícita esteve abaixo do limite inferior do cone de volatilidade a variação média foi positiva em 14,85% para opções de curto prazo e 9,87% para opções de prazo médio e neste caso também não se pode rejeitar a hipótese nula de médias iguais. O resultado encontrado indica, portanto não haver diferença de desempenho entre opções com prazo até o exercício pequeno e opções com prazo até o exercício médio.

A tabela 6 apresenta o teste do cone de volatilidade no período de 01 de julho de 2008 até 30 de junho de 2009. Por se tratar de um período caracterizado pela crise de crédito dos bancos americanos o mesmo pode ser considerado como um teste de stress para o cone de volatilidade uma vez que o mesmo foi marcado por uma fase de extrema incerteza do mercado.

Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
Máximo	37,0%	7%
Percentil 90%	28,3%	4,8%
Percentil 10%	-37,8%	-11,8%
Mínimo	-40,7%	-12,7%
Média	1,9%	-5,2%
Desvio - padrão	23%	9%
T-value	0,407	-0,875
Sig.	0,688	0,446
Número de observações	25	4

Tabela 6 - Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis superiores ou inferiores ao cone de volatilidade e a volatilidade realizada até o exercício das opções da Vale durante a crise de crédito dos bancos de julho de 2008 até junho de 2009.

Nos dois casos os resultados obtidos apresentaram grande variabilidade e um rendimento médio baixo ou negativo. Os testes estatísticos não rejeitam a hipótese de que a variação média da volatilidade ao atingir os limites do cone ser menor que zero, ou seja, não existe comprovação a um nível de significância de 1% de que o cone de volatilidade possa trazer informações adicionais para operação de compra e venda de volatilidade com opções diante de um cenário de incertezas muito acentuadas. A grande volatilidade do mercado no período analisado se evidencia através da pequena quantidade de eventos em que a volatilidade implícita esteve abaixo do limite mínimo do cone de volatilidade, indicando que a mesma esteve na maioria das vezes em altos valores de volatilidade implícita. Os resultados encontrados apontam então para uma limitação de uso do cone de volatilidade diante de um mercado em período de grande incerteza.

4.2. Cone de volatilidade para opções da Petrobras

O teste da raiz unitária para verificar se a série da volatilidade implícita é estacionária é apresentado na tabela 7 e rejeita a hipótese da raiz unitária, dessa forma caracterizando a série como estacionária, confirmando dessa forma a premissa de reversão à média para a volatilidade implícita.

ADF (estatística de teste)	-4,255
Prob (p-valor)	0,001
Valor crítico (5%)	-2,866

Tabela 7 -Teste da raiz unitária para a volatilidade implícita de opções da Vale

A tabela 8 apresenta a distribuição da volatilidade histórica da PETR4 para os horizontes de tempo de 15 até 120 dias de janeiro de 2005 até junho de 2008.

Data	15	30	45	60	75	90	105	120
24/1/05	16%							
17/2/05	24%	21%						
10/3/05	36%	30%	27%					
1/4/05	29%	33%	30%	27%				
25/4/05	28%	28%	31%	30%	28%			
16/5/05	30%	29%	29%	31%	30%	28%		
7/6/05	26%	28%	28%	28%	30%	29%	28%	
28/6/05	24%	24%	27%	27%	28%	29%	28%	27%
19/7/05	25%	25%	25%	26%	27%	27%	28%	28%
9/8/05	22%	24%	24%	24%	25%	26%	27%	28%
30/8/05	26%	24%	25%	24%	24%	26%	26%	27%
21/9/05	23%	25%	24%	25%	24%	24%	25%	26%
13/10/05	37%	35%	32%	30%	29%	28%	28%	28%
4/11/05	52%	46%	41%	38%	35%	34%	32%	32%
28/11/05	34%	43%	42%	39%	37%	35%	34%	32%
19/12/05	16%	27%	36%	38%	36%	34%	33%	32%
10/1/06	24%	20%	26%	34%	36%	34%	33%	32%
1/2/06	25%	24%	22%	25%	32%	34%	33%	32%
22/2/06	40%	34%	31%	28%	29%	34%	35%	34%
17/3/06	35%	37%	34%	32%	30%	30%	34%	35%
7/4/06	24%	30%	33%	32%	31%	29%	29%	33%
3/5/06	25%	24%	28%	31%	31%	30%	28%	29%
24/5/06	23%	25%	25%	27%	30%	30%	29%	28%
14/6/06	44%	34%	33%	31%	31%	33%	32%	32%
6/7/06	33%	40%	36%	33%	32%	32%	33%	33%
27/7/06	34%	33%	38%	35%	33%	32%	32%	33%
17/8/06	19%	27%	30%	34%	32%	31%	30%	31%
8/9/06	26%	23%	27%	29%	33%	31%	31%	30%
29/9/06	36%	31%	27%	29%	30%	33%	32%	31%
23/10/06	30%	33%	31%	28%	29%	30%	33%	32%
14/11/06	25%	28%	31%	30%	28%	29%	30%	32%
7/12/06	21%	23%	26%	28%	28%	27%	28%	29%
2/1/07	13%	17%	20%	23%	26%	26%	25%	26%
23/1/07	33%	26%	25%	25%	26%	28%	28%	27%
Máximo	52,1%	45,7%	41,9%	38,9%	36,7%	34,8%	35,1%	34,9%
+1 desvio	36,4%	35,4%	34,7%	33,9%	33,3%	33,1%	33,0%	32,8%
media	28,2%	28,9%	29,4%	29,8%	30,0%	30,1%	30,2%	30,3%
-1 desvio	20,1%	22,4%	24,1%	25,6%	26,7%	27,1%	27,4%	27,7%
Mínimo	13,0%	17,2%	20,1%	23,1%	24,3%	24,4%	25,4%	26,1%
Amplitude	39,0%	28,5%	21,8%	15,9%	12,3%	10,4%	9,7%	8,8%
Coeficiente	28,8%	22,5%	18,0%	13,9%	11,0%	9,8%	9,3%	8,5%
Curtose	-1,148	-0,708	-0,941	-0,867	-0,865	-0,822	-0,685	-0,830
Assimetria	0,108	0,406	0,255	0,253	0,331	0,367	0,197	-0,024
Percentil 10º	20%	23%	24%	25%	26%	26%	27%	27%
Percentil 90º	37%	36%	36%	35%	35%	34%	33%	33%

Tabela 8 - Histograma de volatilidade histórica da PETR4 para intervalos de tempo de 15,30,45,60,75,90,105 dias

As distribuições apresentam assimetria positiva leve em quase todos os casos, somente a distribuição para o prazo de exercício de 120 dias apresentou assimetria levemente negativa.

O perfil cônico é caracterizado pela variação da amplitude de acordo com o tempo até o exercício. A volatilidade histórica para um intervalo de 120 dias apresentou um valor máximo de 34,9% e mínimo de 26,1% resultando em uma amplitude de 8,8%, esse valor aumenta com a redução do tempo de intervalo e chega a 39% quando o prazo até o exercício é de 15 dias, nesse caso o valor máximo da volatilidade foi de 52,1% e o mínimo de 13%. Esse comportamento cônico é seguido por todas as estatísticas de dispersão analisadas na tabela anterior

A figura abaixo é a representação gráfica dos resultados do cone de volatilidade apresentados acima em conjunto com a volatilidade implícita da série H para Petrobras com preço de exercício igual a 46.

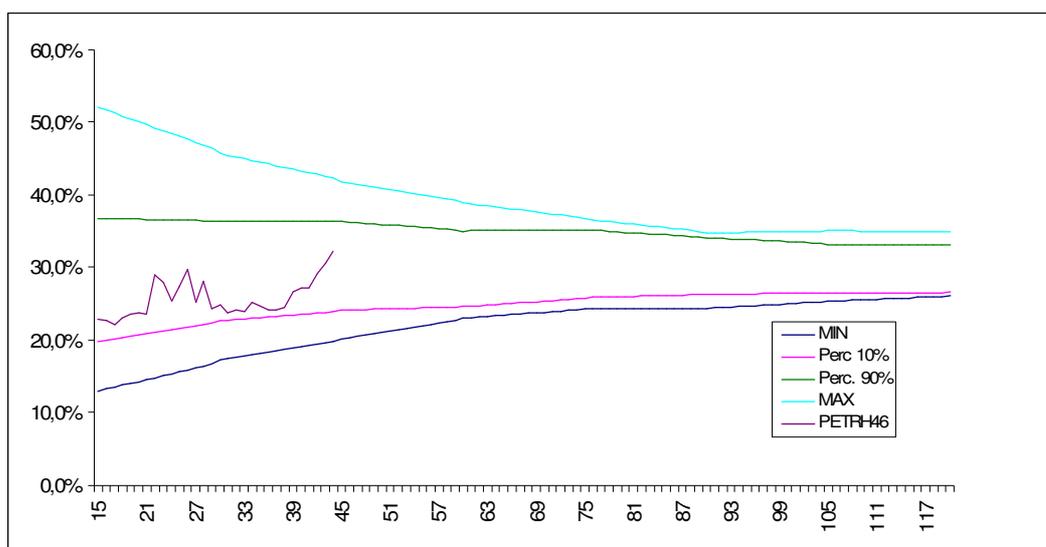


Figura 2 - Cone de volatilidade da PETR4 representado pelos limites máximo, mínimo, percentil 90% e percentil 10% sobreposto com a evolução da volatilidade implícita da PETRH46

No exemplo apresentado a volatilidade implícita não atingiu os limites do cone de volatilidade durante o tempo até o exercício, neste caso não foi evidenciada nenhuma oportunidade de compra ou venda de volatilidade.

A tabela abaixo apresenta os resultados encontrados para os eventos de compra e venda de volatilidade toda vez 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.

Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
Máximo	34,2%	92%
Percentil 90%	16,3%	17,0%
Percentil 10%	-6,9%	-7,6%
Mínimo	-14,9%	-10,4%
Média	5,1%	8,9%
Desvio - padrão	11%	17%
T-value	2,53	3,37
Sig.	0,019	0,002
Número de observações	27	40

Tabela 9 - Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis maiores ou menores que o cone de volatilidade e a volatilidade realizada a partir da data de comparação até o exercício das opções da Petrobras.

No período de janeiro de 2005 até junho de 2008 ocorreram 27 evidências em que volatilidade implícita das series analisadas esteve acima do limite superior do cone de volatilidade em 27 e 40 casos em que mesma esteve abaixo do limite inferior do cone.

Nas operações de venda de volatilidade, ou seja, quando a volatilidade implícita esteve maior que o limite superior do cone obteve-se um ganho em média de 5,1%. A um nível de significância de 5% pode-se rejeitar a hipótese nula

de que o ganho médio nesta operação seja menor que zero. O pior resultado encontrado foi uma variação negativa de 14,9%.

Nos casos em que a volatilidade implícita esteve abaixo do limite inferior do cone de volatilidade obteve-se uma variação positiva de 8,9%. Assim como no resultado anterior não se pode rejeitar a hipótese nula da média ser menor que zero a um nível de significância de 5%.

Após a constatação desses resultados, a próxima tarefa foi identificar se existe diferença de desempenho na utilização do cone de volatilidade entre opções dentro dinheiro, opções no dinheiro e opções fora do dinheiro.

A tabela abaixo apresenta o desempenho do cone de volatilidade para opções com prazo de exercício diferentes caracterizadas como opções no dinheiro, fora do dinheiro e dentro do dinheiro.

	Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
fora do dinheiro	máximo	18%	0%
	média	0%	5%
	mínimo	-9%	-9%
	# observações	8	10
no dinheiro	máximo	13%	0%
	média	4%	7%
	mínimo	-15%	-10%
	# observações	11	20
dentro do dinheiro	máximo	34%	0%
	média	13%	18%
	mínimo	-6%	-6%
	# observações	8	10
Estatística F		3,836	1,868
Sig.		0,036	0,169

Tabela 10 - Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis superiores ou inferiores ao cone de volatilidade a volatilidade realizada até o exercício para opções da Petrobras fora-do-dinheiro, no-dinheiro e dentro-do-dinheiro

Apesar dos resultados encontrados indicarem um ganho médio maior para opções dentro do dinheiro tanto nos casos de indicação de compra quanto indicação de venda de volatilidade, estatisticamente a um nível de 1% de

significância não se pode rejeitar a hipótese de que os resultados médios apresentados para cada tipo de opção são iguais. Portanto não existem evidências de que a utilização do cone de volatilidade apresente resultados diferença em seu resultado para opções com preços de exercício diferentes.

A tabela abaixo apresenta a comparação dos resultados encontrados com a utilização do cone de volatilidade entre opções de curto e longo prazo.

	Resumo Estatístico	Volatilidade Implícita no topo do cone de volatilidade*	Volatilidade Implícita no vale do cone de volatilidade**
curto prazo	máximo	53,31%	14,51%
	média	3,13%	3,10%
	mínimo	-18,37%	0,00%
	#observações	35	8
médio prazo	máximo	34,21%	92,07%
	média	5,08%	9,14%
	mínimo	-14,86%	-10,36%
	#observações	27	37
Estatística F		0,44	2,14
Sig.		0,509	0,15

Tabela 11 - Variação entre a volatilidade implícita ao atingir níveis superiores ou inferiores ao cone de volatilidade a volatilidade realizada até o exercício para opções da Vale de curto prazo e médio prazo até o exercício.

Os valores médios encontrados para opções de curto prazo foram 3,13% e 3,10% quando a volatilidade implícita esteve acima e abaixo dos limites do cone de volatilidade respectivamente e as opções de longo prazo apresentaram uma média de 5,08% e 9,14%. No entanto assim como comparação entre os preços de exercício não existe evidência estatística de que as médias das opções de curto prazo e longo prazo sejam diferentes a um nível de significância de 1%.

A análise do cone de volatilidade diante do período de estresse não pôde ser realizada porque o número de indicações de oportunidade de compra e venda de volatilidade no período de julho de 2008 até junho de 2009 foi menor que três eventos.

Portanto a utilização do cone de volatilidade para opções da Petrobras indica que o mesmo pode contribuir com informações adicionais para a tomada de decisão nas operações de compra e venda de volatilidade. Entretanto não existe diferença significativa na utilização do cone para opções no dinheiro, dentro do dinheiro e fora do dinheiro nem para opções de curto e longo prazo.