

ALISON BATISTA DA SILVA

Estudo do cone de volatilidade no mercado brasileiro de opções

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Programa de Educação Continuada
(PECE) da Escola Politécnica da USP para
obtenção do título de Especialista em
Engenharia Financeira

Área de Concentração: Engenharia
Financeira

Orientador: Prof. Dr. Márcio de Menezes

São Paulo
2015

MBA-EF
2015
5382

589



Escola Politécnica - EPEL



31500023589

Catálogo-na-publicação

1920150 X

Silva., Alison Batista da
Estudo do cone de volatilidade no mercado brasileiro de opções / A. B.
Silva. -- São Paulo, 2015.
25 p.

Monografia (MBA em Engenharia Financeira) - Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo. PECE - Programa de Educação Continuada em
Engenharia.

1.Finanças 2.Mercado brasileiro I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. PECE - Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

[2716666]

RESUMO

Neste trabalho, analisou-se graficamente o método proposto por Burghardt e Lane (1990) do cone de volatilidade para o mercado de opções brasileiro. Os resultados indicam que a comparação da volatilidade implícita com o cone de volatilidade é mais eficiente do que usar a volatilidade histórica sem o cone, pois leva em conta o prazo restante para vencimento da opção.

Portanto, os resultados obtidos demonstram que é possível utilizar o cone de volatilidade no mercado brasileiro para identificar oportunidades rentáveis em operações de hedge. Porém, a maioria das opções brasileiras não tem liquidez suficiente para prazos mais longos, impossibilitando o uso de estratégias de volatilidade em períodos maiores.

Palavras-chave: Engenharia financeira. Operações de Hedge. Volatilidade implícita. Cone de volatilidade.

ABSTRACT

In this work, volatility cone method proposed by Burghardt and Lane (1990) was analyzed graphically for the Brazilian options market. The results indicate that the comparison of implied volatility with the volatility cone is more efficient than using the historical volatility without the cone, because it takes into account the remaining term to maturity of the option.

Therefore, the results achieved demonstrate that it is possible to use the volatility cone in the Brazilian market to identify profitable opportunities in hedging transactions. However, most of Brazil's options do not have enough liquidity for longer terms, precluding the use of volatility strategies in longer periods.

Keywords: Finance engineer. Hedge Operations. Implied Volatility. Volatility Cones.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1.	Ações	6
2.2.	Opções	6
2.3.	Black & Scholes	7
2.4.	Gregas	8
2.5.	Operações delta neutro	9
2.6.	Volatilidade	9
2.7.	Volatilidade Histórica	9
2.8.	Volatilidade Implícita	11
2.9.	Cone de volatilidade	12
2.10.	Teste de raiz unitária	12
3.	METODOLOGIA	13
4.	RESULTADOS	14
5.	CONCLUSÕES	23
6.	REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

Várias operações no mercado financeiro necessitam de uma estimativa da volatilidade. Existem muitas formas de calcular essa estimativa, desde as mais complexas com cálculos estocásticos até o simples uso da volatilidade histórica. Entretanto, uma ferramenta muito utilizada, que é o cálculo da volatilidade histórica com prazo fixo (normalmente 30 dias) para utilizar como parâmetro de comparação com a volatilidade implícita, não possui muita utilidade por fazer a comparação de volatilidades com prazos diferentes.

O objetivo deste trabalho consiste em estudar a comparação da volatilidade histórica de um ativo com a volatilidade implícita.

Para isso, o primeiro capítulo apresenta alguns conceitos necessários de ações e opções. Em seguida, a metodologia utilizada para o cálculo do cone de volatilidade com a volatilidade implícita. E depois, os resultados gráficos para diversas opções.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ações

Ações são parcelas de uma empresa sociedade anônima. A pessoa, física ou jurídica, que detém ações vira sócia da empresa. Representam a menor fração do capital social de uma empresa. A negociação é feita em bolsa de valores ou no mercado de balcão.

Além da compra, as ações podem ser vendidas mesmo sem que se tenha o papel. Para isso é necessário fazer o aluguel da ação para posteriormente vender. O aluguel consiste no empréstimo da ação por quem é titular cobrando uma determinada taxa previamente acordada. Com isto, têm-se possibilidades de novas estratégias para os investidores.

2.2. Opções

Uma opção é um contrato que dá ao seu titular o direito de comprar ou vender um determinado ativo com um preço específico até uma data de vencimento estabelecida. Há dois tipos de opções, opções de compra (*calls*) e opções de venda (*puts*). Opções de compra dão o direito de o comprador comprar um ativo e a obrigação do vendedor vender o ativo caso o comprador deseje comprá-la. E inversamente, opções de venda dão o direito de o comprador vender um ativo.

No mercado acionário brasileiro, somente algumas opções de compra tem boa liquidez, geralmente as dos principais ativos negociados.

As opções podem ser negociadas de duas maneiras distintas. Uma delas é a negociação orientada no preço, ou seja, o objetivo é de comprar na baixa e vender na alta. A segunda forma de operar é a negociação da volatilidade, ex. utilizando uma opção e uma ação para fazer uma estratégia delta neutro. Passarelli (2012) diz que o acréscimo ou decréscimo da volatilidade realizada não possui, necessariamente, relação exclusiva com o preço.

2.3. Black & Scholes

Diversos elementos contribuem para o preço de uma opção. Pela Universidade de Chicago, Fisher Black e Myron Scholes foram os pioneiros no estudo desta relação. Rendendo a Myron o prêmio Nobel por este trabalho. Fisher faleceu antes do trabalho ser premiado.

Foi a publicação, escrita por Black e Scholes (1973), de um *paper* chamado “*The pricing of Options and Corporate Liabilities*” que introduziu o modelo de precificação de opções. O modelo foi amplamente aceito pela primeira vez, modelo este que precificava somente opções européias. Posteriormente, foram desenvolvidas algumas alterações no modelo para precificar opções de índices, com dividendos, de *commodities* e outros instrumentos. Abaixo o modelo para precificação de opções *call* e *put*, respectivamente.

$$c = s_0 N(d_1) - X e^{-rt} N(d_2)$$

$$p = X e^{-rt} N(-d_2) - s_0 N(-d_1)$$

Sendo que:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{s_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{s_0}{X}\right) - \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{t}}$$

c : Preço da call

p : Preço da put

s_0 : Preço do ativo objeto

X : Strike da opção, ou preço de exercício

σ : Volatilidade do ativo

r : Taxa de juros livre de risco

T : Tempo até o vencimento (em anos)

Sinclair (2011) explicita algumas propriedades importantes que a opção deve ter.

- Uma opção de compra se torna mais cara ao mesmo tempo que o ativo objeto aumenta.
- O valor da opção de compra nunca pode ser maior que o valor do ativo.
- A opção perde valor ao passar do tempo, pois tem menos tempo para ser exercida.
- A opção deve ter dependência positiva de incerteza. Pois se o ativo não tem risco, não é necessário pagar por um produto que tem seu valor certo no futuro. Opções só tem valor porque não temos a certeza do futuro, então quanto maior a incerteza mais valiosa será a opção.
- Uma opção perde valor quando a taxa de juros aumenta. Pois é necessário pegar dinheiro para pagar as opções, então com uma taxa maior o custo do financiamento aumenta.
- Dividendos diminuem o valor de uma opção de compra. Isso porque o titular da opção de compra não recebe os dividendos, mas o valor do ativo objeto tem seu valor debitado e com isso o novo valor da opção é mais baixo que o anterior.

2.4. Gregas

Segundo Hull (2009), cada letra grega mede uma dimensão de risco em uma opção, que serve para gerenciar a carteira com todos os riscos calculados.

Cada letra grega mede um parâmetro diferente de risco da opção em questão.

- Delta mede a variação do preço da opção em relação a mudança de \$1 no ativo.
- Gamma mede a variação do delta em relação a mudança de \$1 no ativo.
- Theta mede a variação do preço da opção em 1 dia.
- Vega mede a variação do preço em relação a mudança de 1% na volatilidade.
- Rho mede a variação do preço em relação a mudança de 1% na taxa de juros.

2.5. Operações delta neutro

Uma estratégia de investimento delta neutro visa eliminar o movimento direcional do mercado. A operação é montada com a venda de um ativo e a compra da *call* (opção de compra), na proporção de uma opção de compra para Δ do ativo. Com esse balanceamento, cada movimento no ativo será compensado pela opção.

2.6. Volatilidade

No mercado financeiro há mais de um tipo de volatilidade com definições distintas, como, a volatilidade histórica (realizada), a volatilidade futura e a volatilidade implícita.

A definição padrão é que a volatilidade é a raiz quadrada da variância dos retornos logarítmicos. Sendo esta a volatilidade histórica. Variância definida como

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

Sendo x_i os retornos logarítmicos, $\bar{x}$ a média dos retornos e N o número de retornos da série.

E para amostras

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

2.7. Volatilidade Histórica

A volatilidade histórica possui vários métodos de cálculo, sendo os mais conhecidos o *Close/close*, *Parkinson*, *Rogers/Satchell*, *Garman/Klass*, *Yang-Zhang*, entre outros. A eficiência de cada método depende das características do mercado e do tamanho das amostras.

Estimador Close-close:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

Estimador Parkinson:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4N \ln 2} \sum_{i=1}^N \left(\ln \frac{h_i}{l_i} \right)^2}$$

Estimador Garman-Klass:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \left(\ln \frac{h_i}{l_i} \right)^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (2 \ln 2 - 1) \left(\ln \frac{c_i}{c_{i-1}} \right)^2}$$

Estimador Rogers-Satchell:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\ln \frac{h_i}{c_i} \right) \left(\ln \frac{h_i}{o_i} \right) + \left(\ln \frac{l_i}{c_i} \right) \left(\ln \frac{l_i}{o_i} \right)}$$

Sinclair (2011) mostra dados de um estudo da correlação dos estimadores de volatilidade. Na tabela 1 pode-se verificar que a correlação entre os estimadores é diferente de 1, significando que os estimadores tem bastante diferença para dados simulados.

Tabela 1 - Correlações dos estimadores com dados simulados

	Close-to-Close	Parkinson	Garman-Klass	Rogers-Satchell	Yang-Zhang
Close-to-Close	1.00	0.7	0.689	0.394	0.693
Parkinson		1.00	0.768	0.745	0.777
Garman-Klass			1.00	0.804	0.995
Rogers-Satchell				1.00	0.813
Yang-Zhang					1.00

Já na tabela 2, pode-se notar que os valores são bem próximos de 1 quando utilizado dados reais. Portanto, nota-se que a escolha do estimador não acarretará grandes diferenças quando utilizado em dados reais.

Tabela 2 - Correlações dos estimadores com dados reais

	Close-to-Close	Parkinson	Garman-Klass	Rogers-Satchell	Yang-Zhang
Close-to-Close	1,00	0,975	0,944	0,911	0,942
Parkinson		1,00	0,991	0,976	0,99
Garman-Klass			1,00	0,994	0,999
Rogers-Satchell				1,00	0,996
Yang-Zhang					1,00

Para o mercado financeiro, o tamanho das amostras utilizadas é um detalhe que faz diferença no cálculo da volatilidade. Caso o intervalo de amostra seja muito pequeno, a volatilidade pode não se aproximar da volatilidade real por falta de dados. Se o tamanho da amostra for muito grande, o resultado não corresponderá a situação atual do mercado por estar utilizando dados muito antigos. O tamanho da amostra mais utilizada é a dos últimos 30 preços de fechamento, o que pode resultar em um valor com mais de 20% de diferença do verdadeiro.

Sinclair (2011) fez um estudo com cinco métodos de cálculo de volatilidade mais utilizados (*Close/close*, *Parkinson*, *Rogers/Satchell*, *Garman/Klass*, *Yang-Zhang*), e concluiu que não há um método melhor que o outro. Cada um tem seus pontos fortes e fracos, irá depender da aplicação.

2.8. Volatilidade Implícita

A volatilidade implícita é um dos parâmetros de entrada do modelo de precificação de opções que junto com outros parâmetros fornece o preço teórico da opção. A volatilidade é um dado de entrada utilizado para calcular o preço da opção, mas ao invés disso, é muito utilizada como o parâmetro que se deseja conhecer. Para isso, utiliza-se o preço atual da opção no mercado como dado de entrada para calcular a volatilidade implícita.

2.9. Cone de volatilidade

Quase todo o mercado financeiro já fez uso, pelo menos de parte, do modelo de Black e Scholes para precificação de opções. Sabendo que a condição da volatilidade ser constante no modelo de Black e Scholes não é verdade na prática, Burghardt e Lane (1990) sugeriram uma nova proposta de análise das volatilidades.

Galen Burghardt e Morton Lane (1990) foram os primeiros a fazer uma comparação da volatilidade histórica com a volatilidade implícita com um horizonte de tempo igual para as duas. A forma utilizada para comparar as volatilidades era calcular a volatilidade histórica (com tempo fixo, geralmente em 30 dias) do ativo e comparar com a volatilidade implícita extraída da fórmula de Black e Scholes.

O conceito do cone de volatilidade possui duas ideias básicas. Uma é que a volatilidade tem uma tendência de reversão à média, baseado em evidências empíricas. Os cones podem ser utilizados como uma ferramenta para verificar se a volatilidade implícita está muito baixa ou muito alta para auxiliar na tomada de decisão. Segundo, que a volatilidade implícita e o cone de volatilidade são calculados com tempos iguais, a volatilidade implícita de uma opção com 20 dias para vencer é comparada com a volatilidade histórica de 20 dias.

Segundo Burghardt e Lane (1990), a construção do cone com pelo menos dois anos de dados históricos é suficiente, desde que nesse período não tenha ocorrido alguma mudança fundamental no ativo ou mercado, como crises ou intervenções governamentais.

A construção do cone será mostrada em detalhes na seção Resultados.

2.10. Teste de raiz unitária

O teste de raiz unitária é usado para verificar se a volatilidade implícita segue um processo de reversão à média. O teste de Dickey-Fuller Aumentado (*Augmented Dickey-Fuller test*) serve para verificar se o processo é estacionário, Dickey (1979). Quanto mais negativo o resultado do valor DF e menor o valor do resultado de p significa que a série tem maior a chance de ser estacionária.

3. METODOLOGIA

As ações da Vale (VALE5) foi o ativo escolhido por apresentar séries de opções com maior liquidez entre as demais do mercado acionário brasileiro. As cotações históricas do ativo e opções foram obtidas através do site da Bolsa de Valores. Já para a série de taxa de juros livre de risco foi utilizada a Selic, divulgada pelo Banco Central do Brasil. O período utilizado para construção do cone foi do ano de 2011 a 2013. E as opções utilizadas foram as com vencimento no ano de 2014.

Para o cálculo da volatilidade implícita das opções, foram necessários os seguintes dados:

- Código do ativo
- Preço de fechamento da opção
- Preço de fechamento do ativo
- Preço de exercício
- Data de negociação
- Data de vencimento (3ª segunda do mês de vencimento)
- Taxa de juros livre de risco (Selic)

Com o intuito de minimizar erros por falta de negociações, foram utilizadas somente as opções com maior negociação no período.

Para o cálculo do cone de volatilidade, primeiramente, foram estimadas as volatilidades históricas com a seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (x_i - \bar{x})^2 * \sqrt{252}}$$

$$x = \ln (S_{i+1}/S_i)$$

Onde S_i é o preço de fechamento do ativo e N o tamanho, em dias, da amostra. A multiplicação por raiz de 252 serve para transformar a volatilidade diária para a anual.

Para construção do cone de volatilidade, calcularam-se as volatilidades históricas para o ativo-objeto com o uso de janelas móveis com tamanhos de 2, 4, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70 e 100 dias. Assim, para cada tamanho obteve-se algumas dezenas de valores. Então, encontrou-se o máximo e o mínimo desses valores para cada período. Com estas informações foi possível gerar o gráfico do cone de volatilidade para Vale.

Uma maneira de se utilizar o cone de volatilidade com os valores máximos, mínimos, percentil de 90% e de 10%. Uma operação seria possível quando a volatilidade implícita romper o percentil superior ou inferior, gerando um sinal de venda ou compra da opção, respectivamente. E uma compra da ação quando se vende opção e venda quando se compra opção, mas sempre com quantidades proporcionais ao delta para zerá-lo.

Para cada opção foi feita uma estimativa quando a volatilidade romper o percentil com a média do cone. Assim, tem-se uma estimativa de ganho/perda da operação.

4. RESULTADOS

O resultado do teste de raiz unitária da Vale se encontra na tabela abaixo.

Tabela 3 - Teste da raiz unitária para volatilidade implícita de opções da Vale

Resultado	
DF Test	-3,74
p-value	0,03

Conforme o resultado do *Augmented Dickey Fuller Test* pode-se dizer que a volatilidade implícita segue um processo unitário. Isso quer dizer que quando a

volatilidade implícita se aproximar do limite máximo e mínimo do cone de volatilidade, ela tende a retornar a sua média.

Para a construção do cone de volatilidade calculou-se a volatilidade com uma janela móvel obtendo uma sequência de volatilidade histórica e buscou os valores máximos, mínimos, percentis de 10% e 90%. Repetiu esse procedimento 12 vezes variando o tamanho da janela móvel entre 2 e 100 dias. Os resultados obtidos estão na tabela 2.

Tabela 4 - Dados das sequências de volatilidades históricas da VALES

2011-2013	Janela Móvel (dias)											
	2	4	7	10	15	20	25	30	40	50	70	100
Máximo	1,109	0,734	0,602	0,621	0,539	0,493	0,459	0,469	0,442	0,414	0,396	0,391
Mínimo	0,000	0,017	0,030	0,091	0,145	0,160	0,185	0,185	0,205	0,216	0,223	0,237
Mediana	0,183	0,225	0,248	0,261	0,267	0,272	0,267	0,267	0,265	0,265	0,269	0,276
Percentil 90%	0,466	0,457	0,407	0,393	0,395	0,391	0,379	0,373	0,370	0,368	0,372	0,359
Percentil 10%	0,027	0,110	0,156	0,179	0,198	0,209	0,221	0,225	0,232	0,237	0,241	0,253

Da mesma forma que Burghardt e Lane, a volatilidade histórica apresenta maior faixa de variação quanto mais próxima do vencimento e menor variação com prazos mais longos conforme se pode observar na tabela abaixo.

A volatilidade realizada com o período de 10 dias teve seu valor máximo de 62% e o mínimo de 9%, para amostras de 30 dias, o máximo foi de 47% e mínimo de 18,5%, enquanto que com prazo de 100 dias o valor máximo foi de 39% e o mínimo de 25%. Com isso, pode-se notar o aumento da diferença entre os valores máximos e mínimos conforme se aproxima do vencimento da opção, caracterizando a forma de um cone conforme figura abaixo. Figura esta que representa o cone de volatilidades históricas da VALE5 no período de 2011 a 2013. Cada ponto máximo e mínimo da tabela 2 está representado na figura 1 por um 'x', a ligação desses pontos forma uma figura que recorda um cone, esta seria a razão do nome cone de volatilidade.

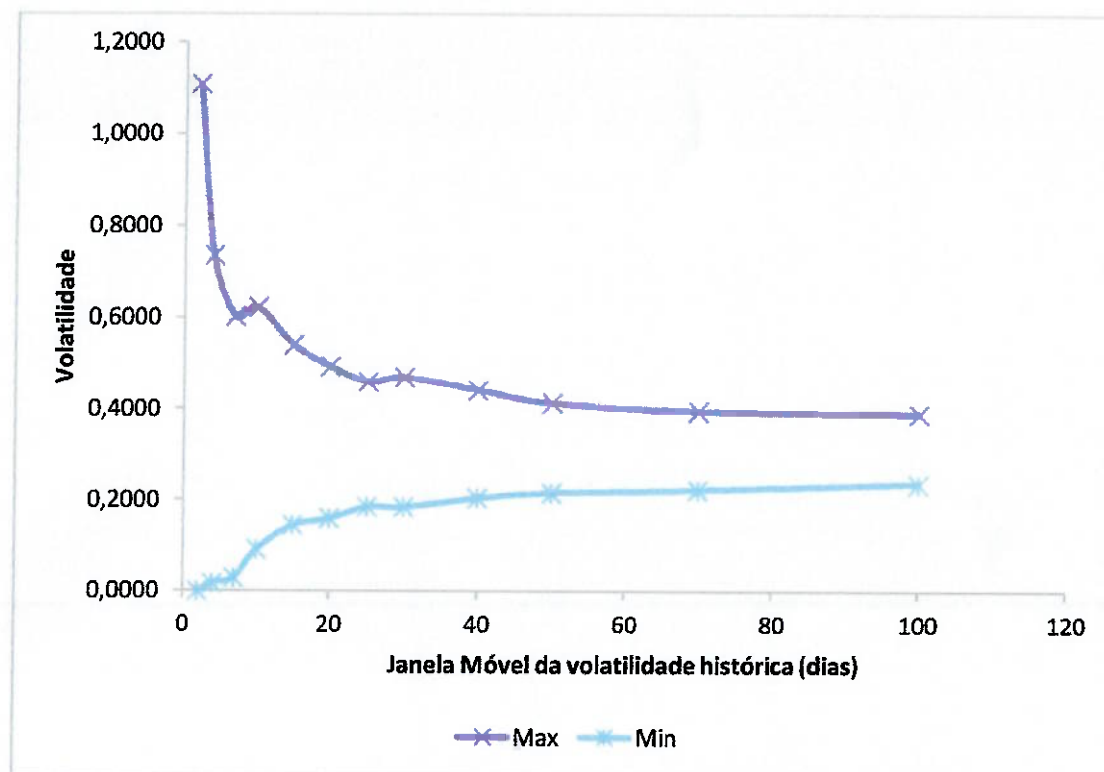


Figura 1 - Cone de volatilidade da VALE5

Para comparação com o cone de volatilidade, foram utilizadas algumas opções com maior negociação na bolsa. Com os dados históricos foi possível obter a volatilidade implícita através do cálculo inverso do modelo de Black e Scholes. Com os dados de volatilidade implícita e prazo de vencimento, inseriu-se a curva de volatilidade implícita no gráfico do cone de volatilidade. A janela móvel (eixo X) do cone de volatilidade (figura 1) pode ser comparada com o prazo de vencimento das opções por estar em dias, desta forma o gráfico da volatilidade implícita da opção foi mesclado com o do cone de volatilidade para análise da volatilidade. As figuras seguintes ilustram o comportamento de cada opção com o cone de volatilidade da ação da Vale (VALE5) versus o prazo de vencimento.

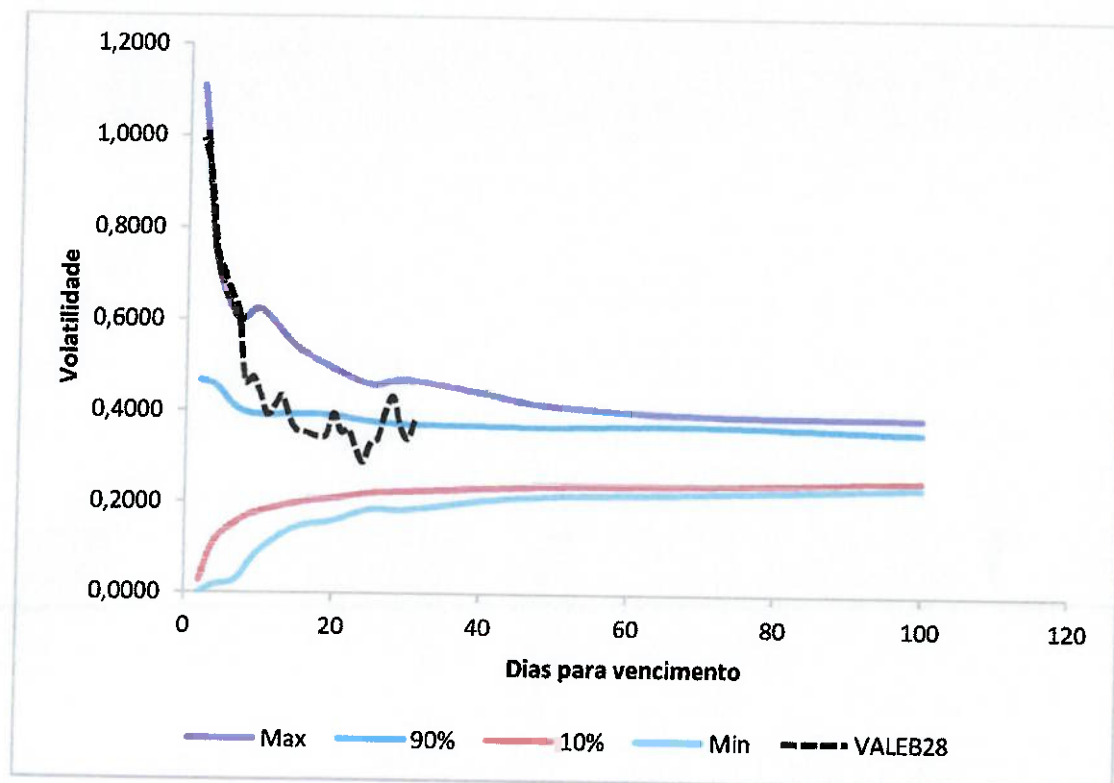


Figura 2 - Volatilidade implícita da opção VALEB28 com Cone de volatilidade da VALE5

Na opção VALEB28, seria possível realizar 3 operações de venda de volatilidade (venda da opções e compra da ação), duas com ganho volatilidade de 8,17% e 4,92% e uma com prejuízo máximo de volatilidade de 4,59%.

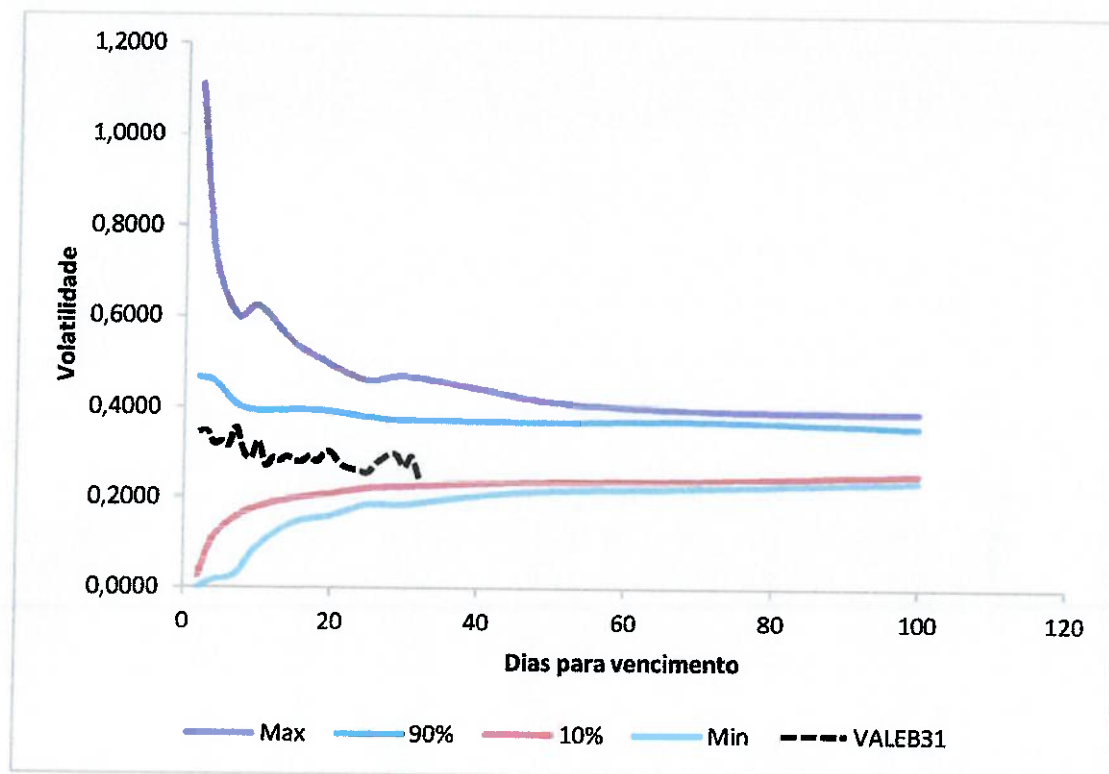


Figura 3 - Volatilidade implícita da opção VALEB29 com Cone de volatilidade da VALE5

Na opção VALEB31, não seria possível realizar nenhuma operação baseado no toque dos percentis.

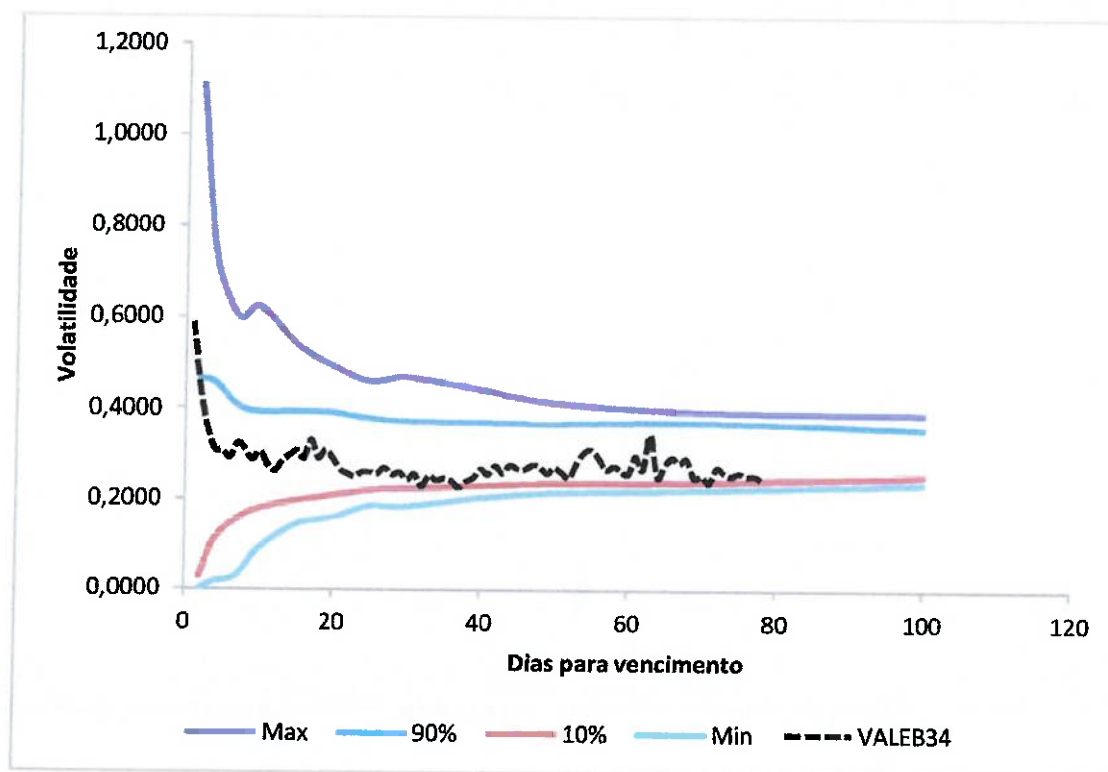


Figura 4 - Volatilidade implícita da opção VALEB34 com Cone de volatilidade da VALE5

Já para a opção VALEB34, seria possível realizar várias operações, com ganho volatilidade de 1,62%, 9,45%, 2,3%,

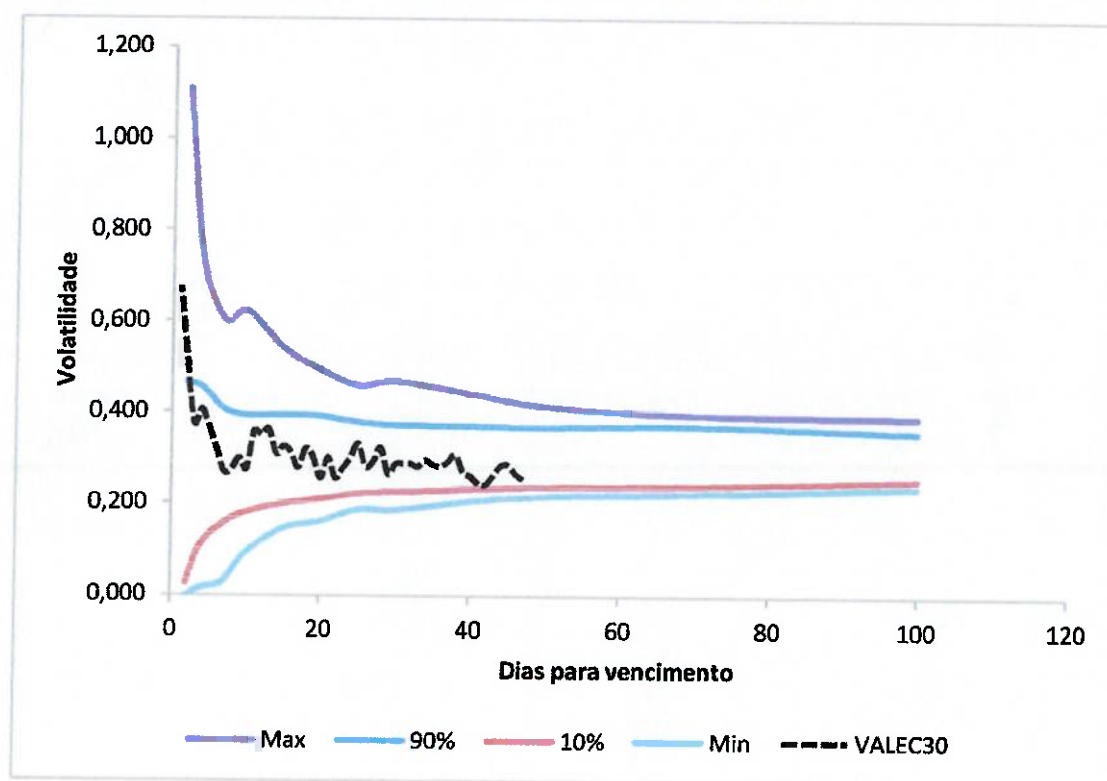


Figura 5 - Volatilidade implícita da opção VALE30 com Cone de volatilidade da VALE5

Na opção VALE30, seria possível realizar uma operação de compra de volatilidade com ganho próximo de 4%.

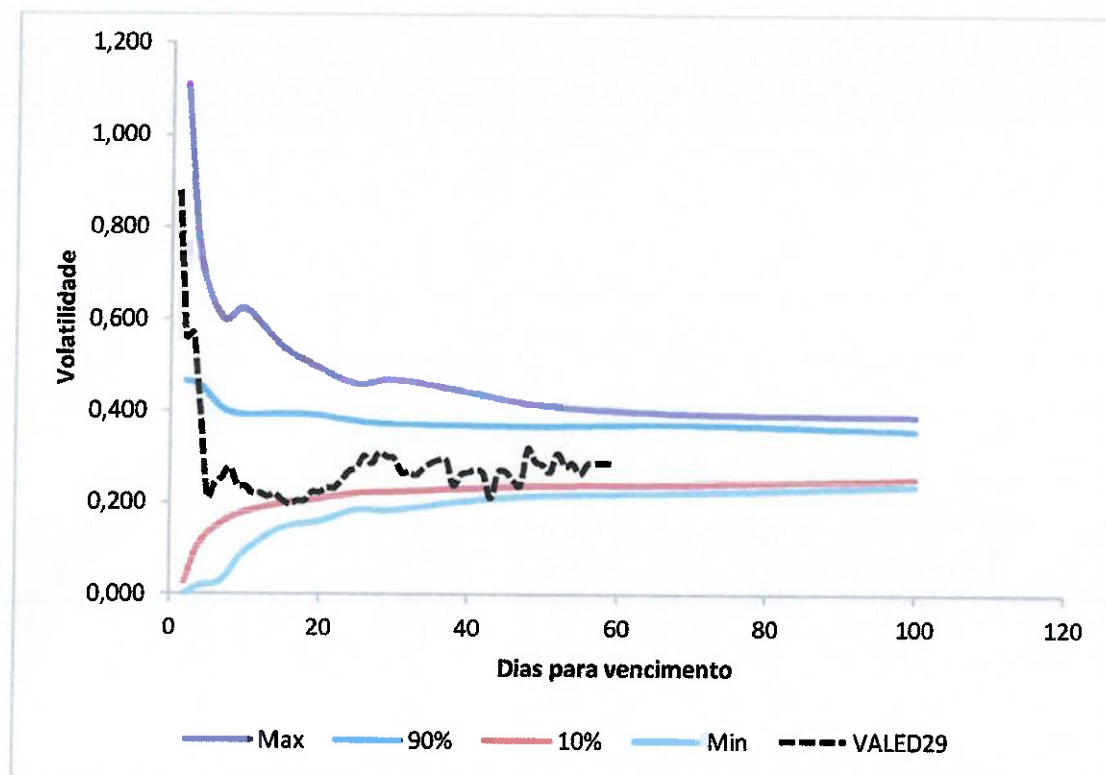


Figura 6 - Volatilidade implícita da opção VALED29 com Cone de volatilidade da VALES

Na opção VALED29, seria possível realizar algumas operações com ganhos de 1% a 5%.

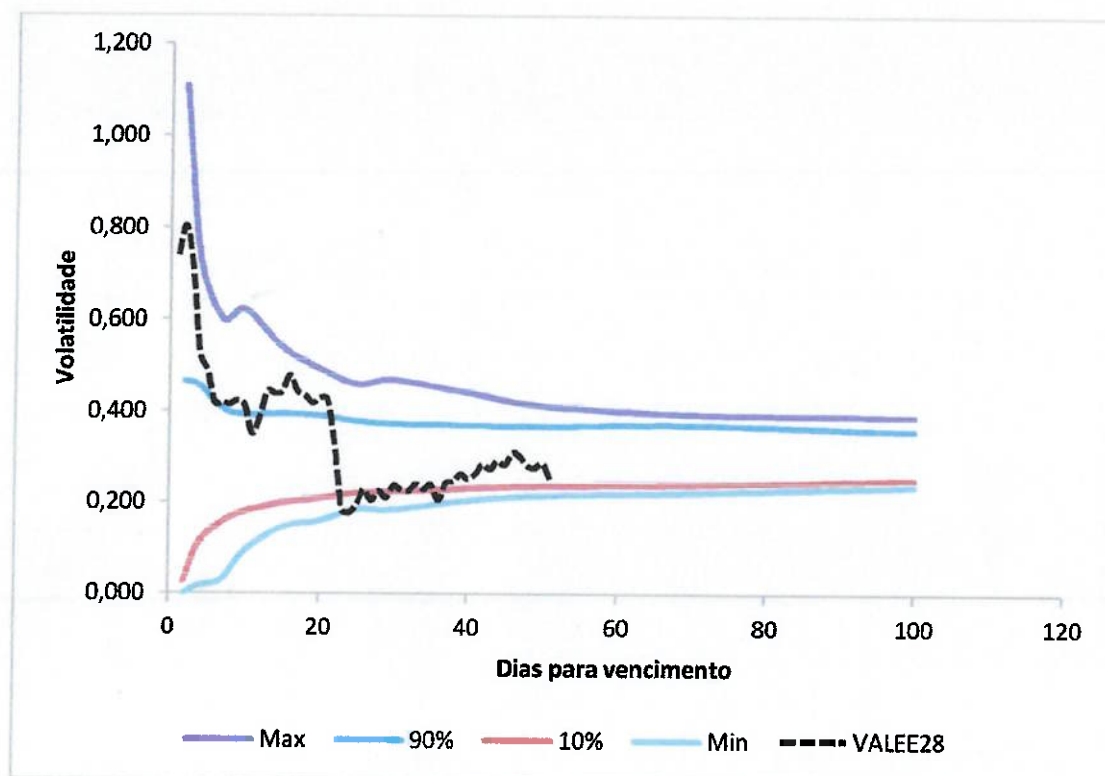


Figura 7 - Volatilidade implícita da opção VALEE28 com Cone de volatilidade da VALE5

Na opção VALEE28, seria possível realizar algumas operações, uma com prejuízo de 2% e outra com ganho de mais de 10% de volatilidade.

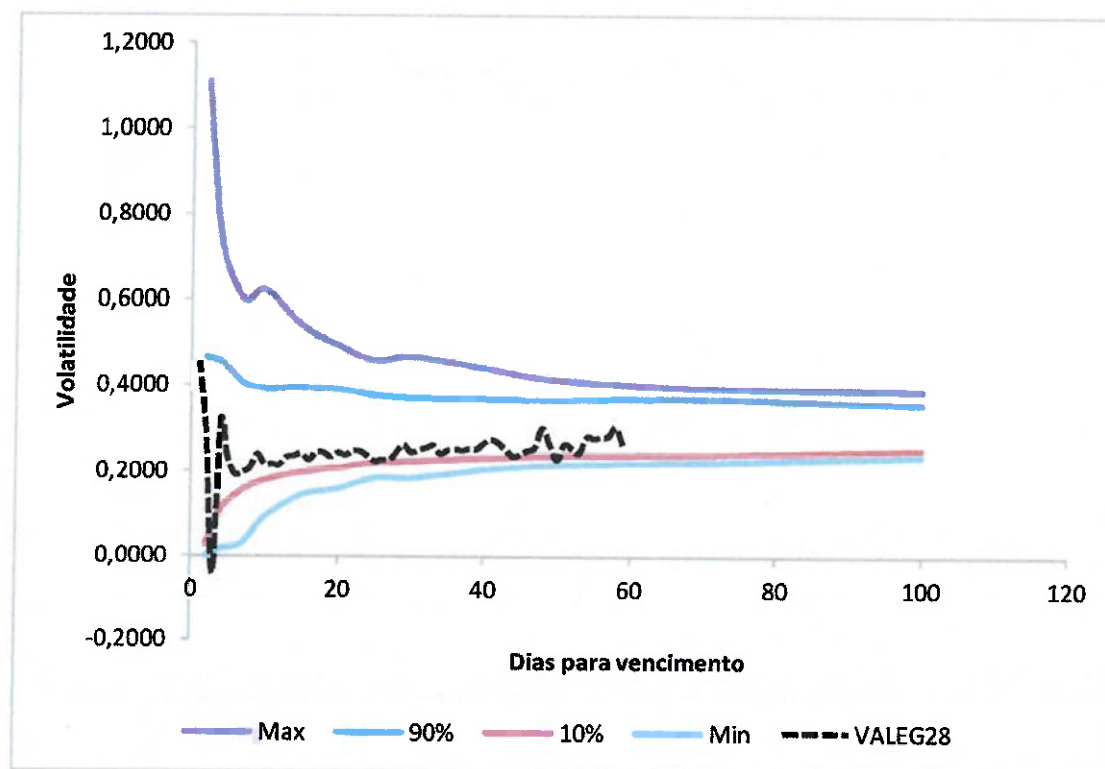


Figura 8 - Volatilidade implícita da opção VALEG28 com Cone de volatilidade da VALE5

Na opção VALEG28, seria possível realizar algumas operações com ganhos de 1%.

Como se pode notar nos gráficos das séries de opções da Vale, as volatilidades implícitas nunca ultrapassaram as bandas do cone de volatilidade. Algumas delas tiveram períodos próximos do percentil de 90% ou de 10% e depois retornaram a sua média, possibilitando operações de trading.

Todavia, vale ressaltar que qualquer fato externo de mercado pode invalidar a análise pelo método do cone de volatilidade. Por exemplo, a Petrobrás que vem sofrendo com denúncias há algum tempo. A figura abaixo ilustra seu cone de volatilidade de 2012 a 2013 com a opção PETRA14. Nota-se que a volatilidade implícita ficou quase inteira do lado externo do cone de volatilidade.

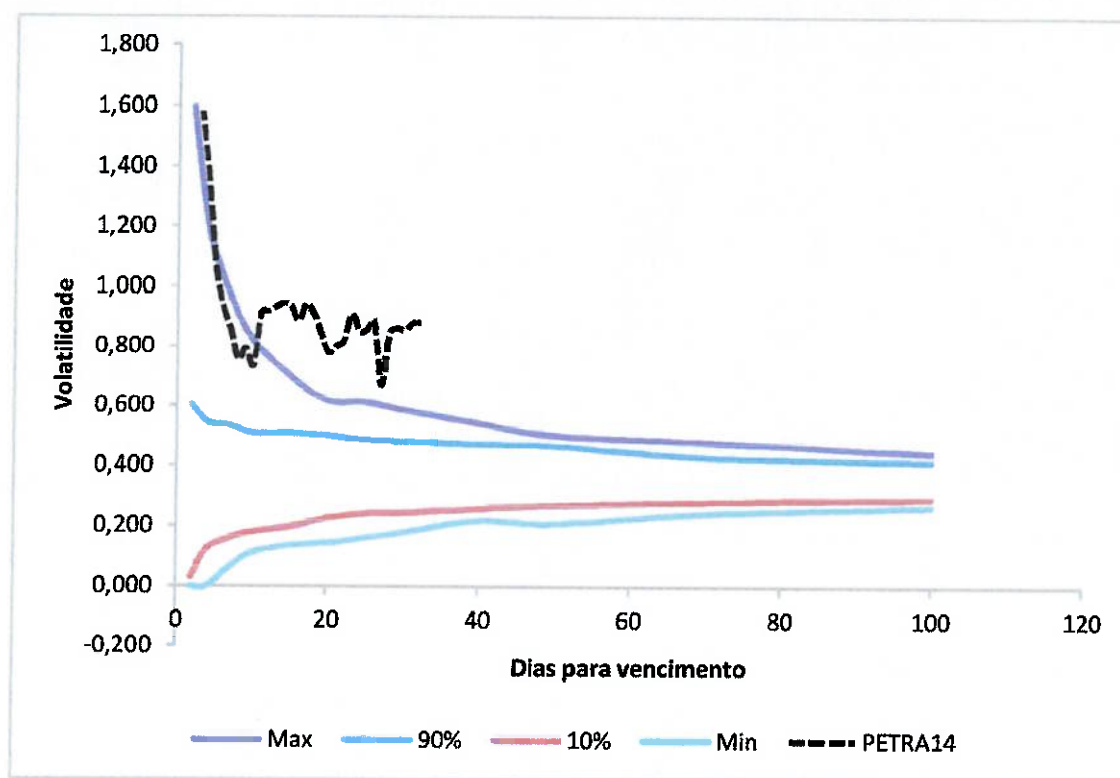


Figura 9 - Volatilidade implícita da opção PETRA14 com Cone de volatilidade da PETRA4

Na construção do cone de volatilidade, foram utilizados dados diários. Fato que pode gerar erro na construção do cone para prazos muito pequenos (menor que 15 dias), por estar usando amostra muito pequena. Portanto, deve-se tomar cuidado ao tentar utilizar a ferramenta do cone para datas próximas ao vencimento.

CONCLUSÕES

A principal premissa para a criação do cone é que a volatilidade implícita tenha reversão à média. Assim como Bauer (2012), o teste de raiz unitária da volatilidade implícita das opções resultou em uma série estacionária. Da mesma forma que Dixit (2007), há indicações que a volatilidade implícita seja um processo com reversão à média. Logo, pode-se dizer que quando a volatilidade implícita estiver na banda limite (superior ou inferior) do cone de volatilidade, esta deve retornar à média.

Pode-se concluir então, que o tradicional método de avaliação usado da volatilidade implícita com a volatilidade histórica com tempo fixo pode gerar grandes erros, pois a volatilidade implícita com vencimento próximo é muito maior que para um prazo mais longo, fato que não ocorre quando se utiliza uma volatilidade histórica com o cone de volatilidade.

O cone de volatilidade é uma ferramenta de análise extremamente simples que pode auxiliar na visualização da volatilidade implícita de uma opção em relação às estatísticas de volatilidade histórica. Como Hodges (2000), baseado na premissa de que a volatilidade implícita tenha reversão à média é possível utilizar o cone de volatilidade para identificar oportunidades rentáveis em operações de hedge, em que a volatilidade é o valor a ser negociado.

Um fator limitante para uso da ferramenta é o fato de que a maioria das opções brasileiras começa a ter uma melhor liquidez quando o prazo de vencimento já é curto, impossibilitando o uso de estratégias de volatilidade com períodos mais longos. Para toda e qualquer análise estatística/técnica deve ser levado em conta o contexto de mercado, pois qualquer mudança nos fundamentos do mercado pode levar a resultados totalmente diferentes do esperado.

Com intuito de melhorar os resultados e eliminar erros de baixa amostragem, poderia se utilizar dados intradiários, tanto na construção do cone de volatilidade quanto na comparação com a volatilidade implícita. Sinclair (2011) demonstra que o tamanho da amostra para diminuir erros de medição da volatilidade seria por volta de 50 unidades.

A utilização do cone de volatilidade pode ser estendida, também, para outros mercados, como futuros de *commodities* (café, boi,...) visando a gestão do risco.

6. REFERÊNCIAS

BAUER, H.; CARLOS, A.; CABUS, M. **Cones De Assimetria E Curtose No Mercado Brasileiro De Opções De Compra De Ações: Uma Análise Dos Cones De Volatilidade Perante A Volatilidade Implícita Calculada Pelos Modelos De Corrado- Su E Black-Scholes.** EnANPAD, 2012.

BLACK, F.; SCHOLES, M. **The Pricing of Options and Corporate Liabilities.** Journal of Political Economy, v. 81, n. 3, p. 637-659, 1973.

BURGHARDT, G.; MORTON, L. How to Tell if Options are Cheap. **The Journal of Portfolio Management**, v. 16, n. 2, p. 72-78, 1990.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. **Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root.** Journal of the American Statistical Association 74 (366): 427-431, 1979.

DIXIT, A.; YADAV, S.S.; JAIN, P.K. **Testing the expectations hypothesis on the term structure of volatilities implied by index options: study of the Indian securities market.** Journal of Financial Management and Analysis, v. 20, n. 2, p. 38-55, 2007.

HODGES, S.; TOMPKINS, R. **The Sampling Properties of Volatility Cones.** Vol. 103. FORC Preprint 00, 2000.

HULL, John. **Options, Futures and Other Derivatives.** Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2009.

PASSARELLI, D. **Trading Options Greeks: How Time, Volatility, and Other Pricing Factors Drive Profits.** Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

SINCLAIR, E. **Volatility Trading.** New York: Wiley, 2011.