

8

Análise de Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados gerados para diferentes datas e séries e realizadas análises de sensibilidade dos fatores que afetam o valor da opção para os modelos Black-Derman-Toy e Vasicek.

A opção sobre DI futuro apresentou pouca liquidez desde sua criação. Na data atual são realizados poucos negócios com um grande número de dias sem movimento. Em 2004, houve um período de maior liquidez durante alguns meses e utilizou-se o valor de mercado para comparação.

Para obter um maior detalhamento dos modelos utilizados e dos resultados encontrados serão utilizados dois diferentes períodos de análise. O primeiro momento será em meados de 2004, onde a opção apresentou pequena liquidez e existia uma clara tendência de alta da Selic devido à pressão inflacionária. O segundo período analisará a preço da opção no final de 2005 em um ambiente de inflação controlada e redução da taxa de juros.

No modelo de Vasicek, implementado através da Simulação de Monte Carlo, serão analisados a variância do resultado da opção e seu comportamento com aumento do número de simulações.

8.1

Apreçamento de opções em cenário de alta

Nesta análise foram calculados os valores de cinco opções ao longo da segunda metade de 2004. Para o entendimento da evolução da taxas de juros são apresentadas a seguir as decisões do COPOM para a taxa SELIC e a estrutura a termo de alguns dos vértices analisados.

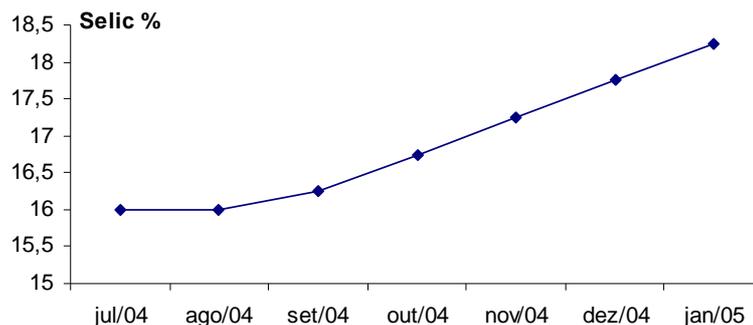


Gráfico 14: Evolução da taxa Selic na segunda metade de 2004

O gráfico (14) apresenta um grande aumento nas taxas de juros após um período estacionário. Este aumento já era esperado e precificado como pode ser observado na estrutura a termo dos vértices utilizados nos cálculos das opções. O gráfico (16) abaixo apresenta as estruturas a termo de juros para as data 01/07/2004 e 01/10/2004.

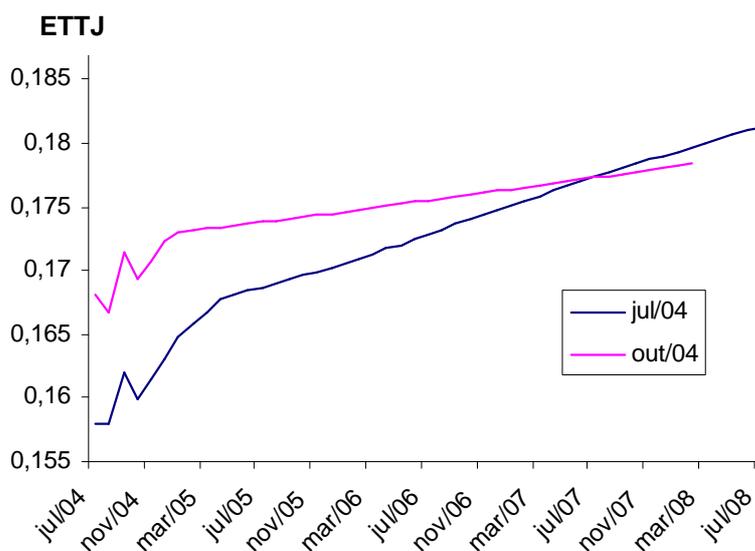


Gráfico 15: ETTJ para os dias 01/07/2004 e 01/10/2004

Através das ETTJ apresentadas pode-se concluir que já era esperado um aumento da Selic para os próximos meses. Em julho de 2004, as taxas futuras apresentam um rápido crescimento e enquanto que em outubro apresenta um crescimento mais estacionário e uma estabilidade em torno de 18%.

As opções foram calculadas para o primeiro dia útil dos meses de julho, agosto, setembro, outubro e dezembro. Neste último mês a Selic estava fixada em 17,75% uma diferença de 1,75% ante o mês de julho.

A opção precificada é denominada JÁ54 com vencimento em 03/01/2005. O ativo objeto, contrato futuro de DI, vence no dia 01/05/2005, ou seja, a opção é do tipo 1. O strike da opção é igual à taxa de 17% ao ano. A volatilidade utilizada foi de 0,74% ao dia que corresponde a volatilidade anual de 11,70%.

Como mencionado anteriormente, este papel apresentou pouca liquidez, mas é possível obter uma referência de preços nestes vértices.

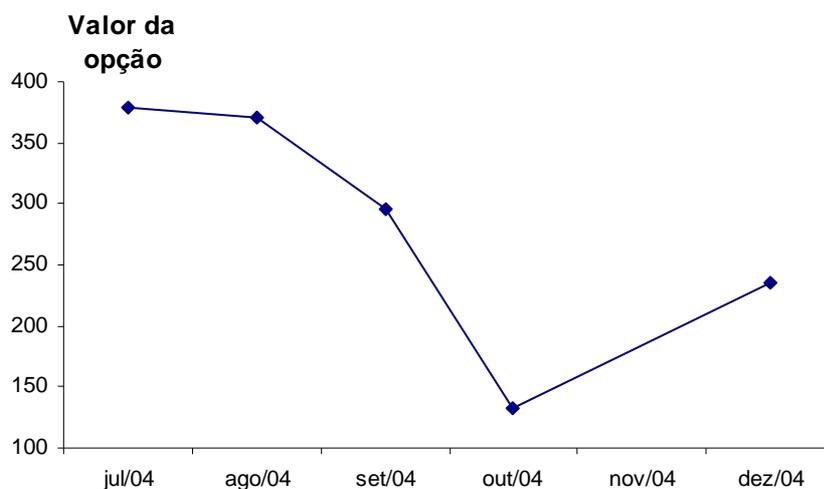


Gráfico 16: Cotação da JA54 para cinco diferentes meses

Do gráfico (16) pode-se retirar algumas conclusões baseadas em informações já apresentadas. Como o strike da opção é 17% e a Selic estava cotada a 16%, a opção está fora do dinheiro, isto é, não deveria ser exercida, mas com a tendência de alta do DI já indicado no DI futuro, a opção foi superestimada. Em setembro ela perdeu um pouco seu valor. Em outubro, devido ao pequeno aumento da Selic em 0,25%, a opção caiu quase a metade, já que 16,25% era não seria exercida. Novamente em outubro e novembro ocorreram outros aumentos e a Selic passou a vigorar a 17,25% e a opção seria exercida, o que explica o aumento da opção em dezembro.

Os modelos de Vasicek e BDT apresentaram comportamentos semelhantes com o mercado, porém com suas respectivas características. O gráfico (17) apresenta as cotações de suas opções.

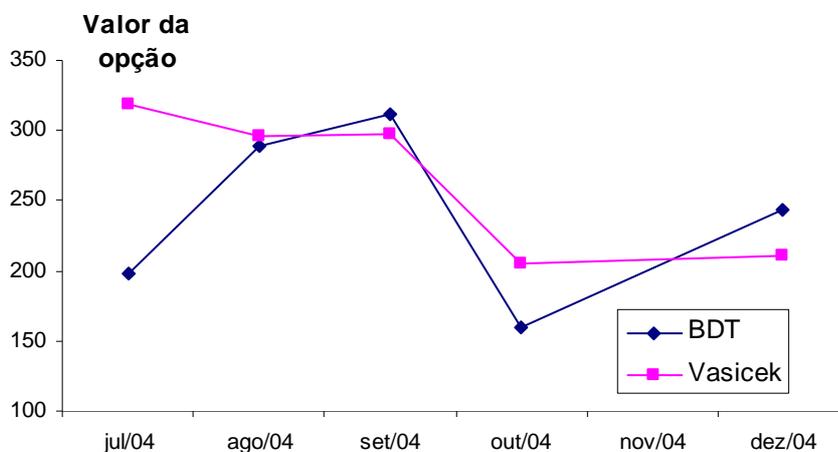


Gráfico 17: Evolução do preço das opções precificadas pelo Vasicek e BDT

No mês de julho o modelo de Vasicek valorou a opção bem acima que o modelo de BDT. Ao observar a ETTJ da data de 01/07 apresentada anteriormente, existia a tendência de alta na taxa, porém somente em meados de 2005 o DI seria cotado acima de 17%, o preço de exercício em questão. Em razão disso o primeiro nó do modelo estaria subestimado para o modelo BDT. No mês seguinte o cenário de alta já está bem desenhado e os juros já estimavam a alta para o ano de 2004.

Os dois modelos precificaram corretamente a tendência do valor da opção em outubro por motivos diferentes. Como havia sido observado nos preços de mercado, em outubro, devido a uma leve alta, ao contrário do que se imaginava, e a aproximação do vencimento da opção, a ETTJ de outubro apresentou juros futuros mais baixos no curto prazo diminuindo o valor da opção no modelo BDT. Já a Selic, input para o modelo de Vasicek, estava em 16,25% que diminui a chance da opção ser exercida.

A tabela (9) apresenta os valores das opções encontradas nos três casos e suas respectivas variações tendo como base a cotação de mercado.

Vértices	BM&F	BDT	% BDT/ BMF	Vasicek	% Vasicek/ BMF
1/jul	378	197,68	-47,7%	319,41	-15,5%
2/ago	370	288,28	-22,1%	296	-20,0%
1/set	295	312,08	5,8%	297,798	0,9%
1/out	132	159,24	20,6%	205,81	55,9%
1/dez	236	244,17	3,5%	210,42	-10,8%

Tabela 9: Cotação das opções na BM&F e nos modelos gerados

De uma forma geral as opções calculadas se encontram num intervalo de preços aceitáveis comparadas com o valor de mercado exceto a do mês de julho para o BDT que está subestimada em relação ao mercado, conforme já dito a ETTJ dessa data não identificava uma grande altera para seis meses. No mês de outubro a opção do modelo Vasicek está superestimada em relação ao mercado, já que o mercado reajustou a precificação do futuro do DI o pequeno aumento da taxa Selic.

8.2

Variância da opção no modelo Vasicek

O objetivo desta análise é avaliar a convergência do valor da opção do modelo Vasicek.

Quando é implementada uma simulação de Monte Carlo para calcular um parâmetro com base em dados aleatórios, espera-se que o aumento do número de simulações diminua a variância do output.

Como dito na seção 7.3, o valor da opção para a simulação é:

$$(Preço da opção P(i)) = \frac{\sum (Max [K - PU(i) ; 0])}{N}$$

Onde N é o número de simulações geradas.

Ao gerar, por exemplo, N simulação de uma mesma opção, é possível calcular a média dos outputs e verificar a variância do resultado:

$$s^2 = (\sum(Pi)^2)/(N-1)$$

Ao analisar a fórmula acima pode verificar que com aumento de simulações é possível diminuir a variância, já que são inversamente proporcionais.

Para verificar a eficiência do modelo implementado foram calculadas 20 opções da JA54 em cenários com 100, 300, 500 e 1000 simulações.

N simulações	100	300	500	1000
Média	264,45	265,32	270,15	272,05
Desvio Padrão	7,145	3,677	2,998	2,705
Variância	51,047	13,520	8,987	7,316

Tabela 10: Aderência do modelo

O aumento de 100 simulações para mil simulações permitiu a redução da variância em aproximadamente 85% validando o modelo de acordo com as premissas teóricas.

Os gráficos (18) mostram a dispersão das opções em torno da média.

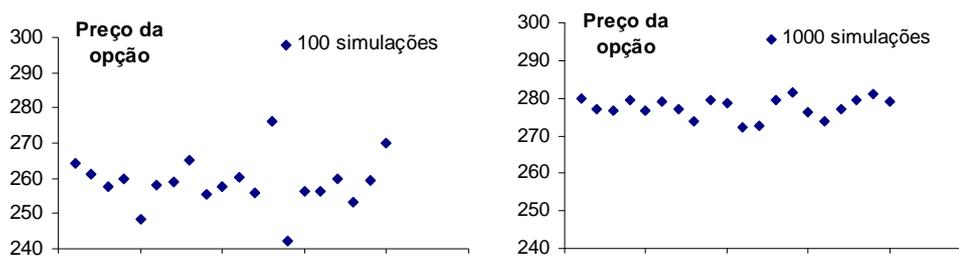


Gráfico 18: Dispersão do prêmio das opções

8.3

Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma metodologia para determinar a sensibilidade dos resultados de um estudo ou de um modelo quando suas premissas são alteradas.

A análise de sensibilidade proporciona ao tomador de decisão avaliar o modelo conforme a variação dos parâmetros. Uma das análises desenvolvidas é a análise de sensibilidade unidimensional, variando-se os pesos de um atributo enquanto são mantidas constantes todas as outras variáveis.

Para o modelo do Vasicek, implementado em simulação de Monte Carlo e Black Derman Toy, em árvore binomial, serão realizadas simulações alterando a volatilidade e strike.

Volatilidade

Na simulação verifica-se que ao aumentar a volatilidade ocorre a valorização do preço da opção. Este comportamento é esperado, pois ao gerar números aleatórios com uma maior volatilidade, o intervalo de DI futuros gerados cresce, independente da possibilidade de exercício da opção. O gráfico (19) a seguir mostram a opção JA54 na data 01/09/2004 variando a volatilidade 1% a.a. até 31% ao ano.

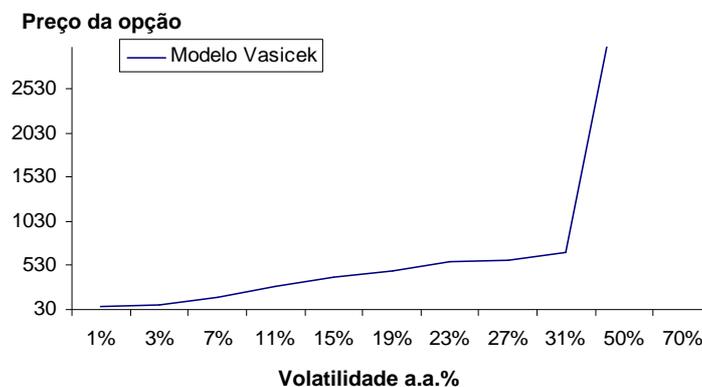


Gráfico 19: Análise de sensibilidade Vasicek

Ao imaginar que a frequência de exercícios da opção não se altere com o aumento da volatilidade, e considerando que as taxas possuem distribuição normal, espera-se que esta distribuição taxa simulada apresente uma cauda mais larga. Desta forma existe um número maior de pontos perto da cauda que aumenta a média do valor da opção o que explica a sensibilidade em relação a volatilidade.

Para o modelo BDT também foi analisada a da sensibilidade dos preços das opções européias ao parâmetro de volatilidade no modelo variando de 1% a.a. até 31% a.a., mesma faixa utilizada no modelo de Vasicek para a opção JA54.

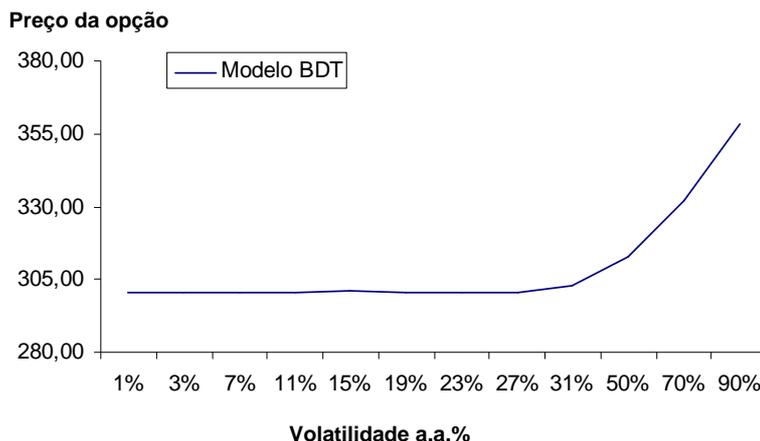


Gráfico 20: Análise de Sensibilidade BDT

O gráfico (20) mostra que o preço da opção analisada apresenta pouca sensibilidade à variação da volatilidade. A figura mostra ainda que a opção mantém-se num patamar de preço constante até o nível 27% de volatilidade, quando então passa a ter uma sensibilidade mínima na ordem de 20% do valor da opção para uma volatilidade de 90%.

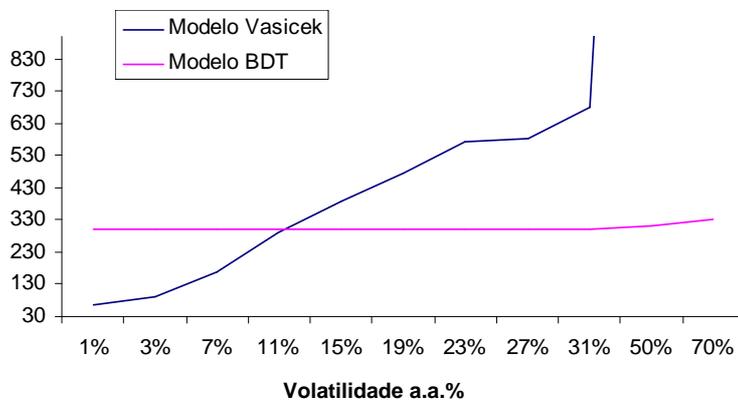


Gráfico 21: Análise de sensibilidade comparativa

O gráfico (21) confirma que a sensibilidade à volatilidade é maior para o modelo Vasicek do que o BDT em qualquer patamar do desvio padrão. Conclui que a simulação de monte Carlo é mais volátil do que árvore binomial na estrutura geração de possibilidades de taxas futuras.

Strike - Exercício da Opção

Esta análise busca avaliar qual o impacto no preço da opção ao alterar a taxa de exercício. É esperado que o aumento do Strike (taxa de exercício) diminua a possibilidade de exercício da opção, ou seja, a opção valerá próximo de zero.

No gráfico (22) de análise de sensibilidade são apresentadas as curvas dos modelos BDT e Vasicek em um intervalo onde a taxa de exercício (strike) varia de 10% até 25%.

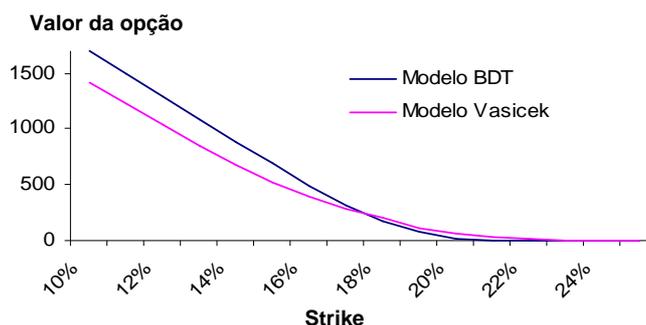


Gráfico 22: Análise de sensibilidade preço de exercício

Ambos apresentaram o mesmo comportamento na variação em seus preços com a alteração de exercício.

Como havia sido mostrada no início deste capítulo, a opção calculada pelo modelo Vasicek está depreciada em relação ao BDT para a data de 01/09/2004. Esta tendência se manteve para strikes mais baixo, mas alterou porque a opção valorada pelo BDT convergiu a zero mais rapidamente. Como as duas se encontram e a opção de BDT apresenta valor nulo a partir de 22% enquanto que a gerada por Simulação de Monte Carlo com a taxa de 25%.

As curvas se encontraram no ponto que a taxa de exercício vale 17,44%, ou seja, acima desta taxa a opção de Vasicek está mais apreciada. A opção de BDT apresenta valor nulo a partir de 22% enquanto que a gerada por Simulação de Monte Carlo com a taxa de 25%, o que representa a chance de 100% de não exercício.