

DANILO BREDDA

**ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO VEGA RISK EM UMA CARTEIRA
DE OPÇÕES**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenheiro de Produção

SÃO PAULO
2008

DANILO BREDDA

**ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO VEGA RISK EM UMA CARTEIRA
DE OPÇÕES**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenheiro de Produção

Orientador:
Prof^o Dr^o José Joaquim do Amaral Ferreira

SÃO PAULO
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Bredda, Danilo

**Análise da importância do Vega Risk em uma
carteira de opções / D.B.**

Danilo Bredda. – São Paulo, 2008.

87 p.

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da
Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de
Produção.**

1.Finanças 2.Opções 3.Vega Risk 4. VaR

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Carlos e Sonia, pela oportunidade de estudar nesta escola.

Ao professor José Joaquim do Amaral Ferreira, pela orientação.

À Guilherme Atem, pela grande ajuda e paciência.

À todos que fizeram parte direta ou indiretamente para a produção desta obra.

RESUMO

Este trabalho de formatura tem o objetivo de estudar o grau de relevância do Vega Risk em uma carteira de opções de taxa de câmbio utilizando métodos conhecidos no mercado financeiro: VaR e Backtesting. A proposta surgiu a partir de uma experiência de estágio em um fundo de investimento, VentureStar, onde era crescente a necessidade de um modelo de risco que expressasse o verdadeiro VaR da posição assumida pelo fundo. Para tanto, foi introduzido o conceito de opções, bem como seu modelo de precificação usado e outras variáveis envolvidas; dentre essas variáveis foi dado um enfoque maior para a volatilidade; além das opções, também foi apresentado o conceito do VaR, bem como seu modelo de validação, o Backtesting. Por fim, foi feita uma análise através deste modelo de validação para se averiguar a importância do Vega Risk.

PALAVRAS-CHAVE: **Finanças Opções Vega Risk VaR**

ABSTRACT

This graduation work has the goal of studying the level of relevance of Vega Risk in an Forward Exchange options portfolio using methods known in the financial market: VaR and Backtesting. The proposal came from an experience period as internship in an investment fund, VentureStar, where the necessity of a risk model that expressed the true VaR of the position assumed was increasing. For in such a way, the concept of options was introduced, as well as its pricing model used and other variables involved; among these variables it was given a higher focus to volatility; beyond options, it was introduced the VaR's concept as well, and its validation model. Finally, an analysis was made through this validation model to inquire the importance of the Vega Risk

KEY WORDS: Finance Options Vega Risk VaR

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Payoff e Lucro.....	26
FIGURA 2.2 Operações Possíveis	28
FIGURA 2.3 Valor de uma Opção.....	30
FIGURA 2.4 Limites do Valor de uma Opção.....	31
FIGURA 2.5 Opção Européia x Americana.....	33
FIGURA 2.6 Delta Call.....	37
FIGURA 2.7 Delta Put.....	37
FIGURA 2.8 Gamma x Delta.....	38
FIGURA 2.9 Vega x Delta.....	39
FIGURA 2.10 Time Value x Tempo.....	41
FIGURA 2.11 Teta x Delta.....	42
FIGURA 2.12 Influência da Volatilidade no Prêmio de uma Opção.....	44
FIGURA 2.13 Smile.....	46
FIGURA 2.14 Superfície de Volatilidade.....	47
FIGURA 3.1 Retorno do Dólar.....	54
FIGURA 6.1 Diferença dos VaR's.....	74
FIGURA 6.2 Diferença x Vega da Carteira.....	74
FIGURA 6.3 Diferença x Volatilidade do Dólar.....	75
FIGURA 6.4 Exceções do VaR Vega.....	76
FIGURA 6.5 Volatilidade Implícita para o Backtesting.....	77

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 Direitos e Obrigações.....	25
TABELA 2.2 “Sinais” das Gregas.....	43
TABELA 3.1 Carteiras Utilizadas.....	58
TABELA 4.1 Variáveis para o Cálculo dos VaR’s.....	61
TABELA 4.2 VaR’s Calculados e Resultados.....	62
TABELA 4.3 Carteira 30/04/2008.....	63
TABELA 4.4 $K\sigma_{vol}$	66
TABELA 5.1 Backtesting.....	69

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	13
SUMÁRIO.....	13
LISTA DE GRÁFICOS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Descrição da Empresa.....	13
1.2 O Estágio.....	15
1.3 Problema e Motivação.....	16
1.4 Estrutura do Trabalho.....	17
2. REVISÃO	
BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Derivativos.....	19
2.2 Opções.....	23
2.3 Modelo de Balck & Scholes.....	29
2.3.1 As Gregas.....	35
2.3.2 Delta Hedge.....	42
2.4 Volatilidade.....	43
2.4.1 Volatilidade Implícita.....	45
2.4.2 Smile.....	45
2.4.3 Superfície de Volatilidade	47
2.5 Value at Risk (VaR)	48
2.5.1 Definição do VaR.....	48
2.5.2 Métodos de Cálculo do VaR.....	50
2.5.3 Backtesting.....	51
3. METODOLOGIA.....	53

3.1 Escolha do Método.....	53
3.2 Cálculo do VaR pelo Método Delta-Normal.....	55
3.3 Incorporação do Vega Risk no Cálculo do VaR.....	56
3.4 Carteiras e Período para Backtesting.....	58
 4.RESULTADOS.....	61
4.1 Exemplificação dos Cálculos.....	63
 5.REALIZAÇÃO DO BACKTESTING.....	69
 6.ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	71
 7.CONCLUSÃO.....	79
 BIBLIOGRAFIA.....	81
ANEXO A.....	83
ANEXO B.....	84
ANEXO C.....	85

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho de formatura está contextualizado dentro de uma experiência de estágio em um fundo de investimento onde uma quantia considerável do patrimônio líquido sob gestão está alocada em opções de Dólar; dessa forma, uma das principais fontes de risco para o fundo vem da variação inesperada desse ativo. Uma vez que o principal *business* do fundo é operar a volatilidade implícita das opções, normalmente ao se comprar ou vender uma opção é feito o *Delta Hedge*, onde é eliminada parcialmente a exposição ao risco da posição assumida, porém mesmo com o *Delta Hedge* a posição assumida ainda continua exposta à variações da Volatilidade Implícita. E será nesse contexto que este trabalho de formatura terá maior enfoque, pois além da já mencionada importância da volatilidade implícita das opções para o fundo, muitos dos softwares disponíveis no mercado para análise de riscos, simplesmente reduzem as opções à *Deltas*, desconsiderando o *Vega Risk*; portanto o principal objetivo deste trabalho será uma análise onde iremos comparar os *VaRs* (*Value at Risk*) obtidos com e sem a consideração do *Vega Risk*, e através da realização de um *Backtesting* analisaremos as diferenças obtidas e por fim, será possível concluir se de fato o *Vega Risk* é relevante para uma carteira de opções.

1.1 Descrição da Empresa

Este trabalho de formatura foi desenvolvido dentro da VentureStar Capital Management, uma empresa especializada na gestão de ativos de terceiros. O principal e único produto da empresa é o VENTURESTAR FIM, fundo de investimento multimercado, cujo objetivo é apresentar retornos em longo prazo maiores que seu benchmark, o CDI (Certificado de Depósito Interbancário).

A VentureStar Capital Management foi criada em abril de 2003 exclusivamente para gerir recursos de terceiros. Ela é uma gestora independente, não ligada a qualquer grupo financeiro. O objetivo da VentureStar Capital Management é obter os maiores retornos possíveis sempre enfocando a relação risco x retorno. A empresa acredita que a otimização desta relação se dá quando se pode utilizar o maior número possível de ativos, portanto o

VENTURESTAR FIM está autorizado a operar em todos os mercados de ativos financeiros (ações, moedas, juros, commodities, etc).

A empresa emprega um substancial grau de diversificação de estratégias e posições ao longo do tempo, procurando construir portfólios eficientes e que, ao mesmo tempo, estejam protegidos de grandes oscilações negativas advindas de eventos não esperados. Um dos principais focos está na identificação e quantificação de assimetrias.

A filosofia de investimento da VentureStar baseia-se em dois pilares complementares: análise fundamentalista, que dá os subsídios para a construção de portfólios de médio e longo prazos, e posições oportunistas que vêm da experiência dos principais sócios adquirida ao longo de suas carreiras.

Análise fundamentalista: a empresa procura ir além das maneiras tradicionais de enfocar este processo, sempre questionando consensos e “verdades estabelecidas”, mas reconhecendo que tendências importantes devem ser aproveitadas. Daí a crença que a combinação da análise fundamentalista com posições oportunistas permite uma gestão eficiente de recursos do ponto de vista da relação risco x retorno.

Posições oportunistas: em determinados momentos os mercados apresentam situações onde posições de curto prazo podem levar a resultados expressivos quando mensurados na perspectiva risco x retorno. Para a VentureStar o tempo de exposição a uma determinada posição é um fator de risco muito importante.

A VentureStar Capital Management possui um núcleo de gestão, com experiência e histórico no mercado financeiro, tanto do Brasil quanto do exterior. Atualmente a empresa é composta por três sócios:

- Alberto Garcia Roche: responsável pela área estratégica da empresa.
- Luís Paulo Fraga de Mesquita: responsável pela área de trading.
- Guilherme Muniz Atem: responsável pelas áreas de risco, compliance e tecnologia.

Além dos sócios, a empresa ainda possui três funcionários e dois estagiários, sendo que todos estão subdivididos nas seguintes áreas:

- **Tecnologia da Informação:** A principal função da área de TI é dar suporte às demais áreas da empresa. Todas as informações necessárias para as operações realizadas (preços, rentabilidade, etc.) devem ser obtidas e atualizadas no banco de dados todos os dias. A manutenção dos equipamentos é feita por uma empresa terceirizada.
- **Trading:** Refere-se à mesa de operações do fundo. Esta é a principal área da VentureStar, pois aqui são tomadas as principais decisões de investimento.
- **Compliance:** Esta área é encarregada de atividades diversas, relacionadas às outras áreas da empresa. Dentre as principais atribuições pode-se citar: conferência e monitoramento das posições e do patrimônio do fundo; elaboração de relatórios de posição e retorno para auxiliar a tomada de decisão; divulgação da cota do fundo aos cotistas.
- **Relação com investidores:** As principais funções desta área estão relacionadas aos cotistas, sendo que a principal delas é manter o contato frequente com os clientes, sanar suas necessidades e sempre estar em busca de novos parceiros.

1.2 O Estágio

O estágio na VentureStar aconteceu em dois momentos, primeiramente no ano de 2007 entre os meses de Abril e Julho, e a partir de Março de 2008. Durante esses dois períodos tive a oportunidade de trabalhar em duas das áreas existentes na empresa.

A primeira área que tive contato foi a de Compliance, onde a principal atividade era conferir todas as operações realizadas pela área de Trading, atualizações de relatórios mensais, além da divulgação da cota do fundo aos cotistas. Pode-se dizer que foi muito importante essa primeira fase do estágio. Embora tenha sido por um curto período, foi possível compreender o funcionamento de um fundo de investimento.

A segunda fase do estágio se deu na Mesa de Operações, correspondente a área de Trading; as principais funções aqui eram dar suporte ao “trader”; auxiliando nas execuções de ordens, monitoramento dos ativos, checagem das operações, etc.

Pode-se dizer que essa parte do estágio foi de suma importância, pois muito da teoria abordada neste trabalho foi vista em prática, o que ajudou e muito na execução desta obra; além da expansão dos meus conhecimentos sobre o mercado financeiro.

1.3 Problema e Motivação

O problema tratado neste trabalho, e que será descrito nas próximas seções, surgiu a partir de uma necessidade crescente em saber com precisão a exposição ao risco que o fundo estava assumindo. Essa necessidade deve-se ao expressivo crescimento que a empresa vivenciou no ano de 2007, onde o total de recursos sob gestão aumentou em torno de sete vezes. E à medida que uma empresa desse setor (gestão de recursos), começa a se destacar no mercado, apresentando resultados bem acima da média, caso ocorrido com a VentureStar em 2007, clientes institucionais, sendo a maioria deles, bancos de investimentos e outras gestoras de recursos, passaram a se interessar mais pela VentureStar e seu produto.

Para que esses clientes institucionais se tornem clientes da empresa, é necessário um longo e extensivo processo conhecido como *Due Diligence*, onde a empresa além de responder um vasto questionário é também visitada por vários membros do cliente interessado. Com esse questionário, além da visita, o cliente interessado procura saber como que a empresa “funciona”, desde a tomada de decisões na mesa de operações até o controle de participação de cotistas no patrimônio líquido do fundo; e durante todo esse processo é dado um alto grau de atenção para a política de risco da empresa, pois muitas vezes os investimentos são feitos de acordo com os limites pré-estabelecidos pela política de risco da própria empresa; além disso, os clientes interessados podem ter uma idéia do grau de exposição ao risco que seu capital estaria sendo investido.

Durante o processo de *Due Diligence*, praticamente todos os pontos da política de risco são abordados, sendo esses os mais importantes:

- Limite de Stop Loss diário
- Limite de Stop Loss semanal
- Limite de Alavancagem
- Limite do VaR

Como se pode ver, um desses pontos refere-se ao VaR, trata-se de um número que representa a pior perda possível dentro de um intervalo de confiança (será detalhado no Capítulo 2); e atualmente VentureStar não possui nenhum sistema que expresse este número com exatidão. Para solucionar esse problema a empresa até mesmo adquiriu um software, porém o VaR expresso por esse software não era compatível com a posição do fundo, e um dos motivos é o fato do software não considerar o *Vega Risk* (também será definido no capítulo 2); tendo em vista essa situação, a empresa resolveu desenvolver seu próprio modelo de risco para se chegar a um VaR compatível com sua realidade, sendo que este modelo será desenvolvido pelo autor deste trabalho.

1.4 Estrutura do Trabalho

Esta seção tem o intuito de orientar a leitura deste trabalho, apresentando a forma como está organizado e uma breve descrição do conteúdo dos capítulos que o compõem. Este trabalho é composto por sete capítulos, sendo que no próximo, o de número 2, veremos toda a parte teórica necessária para o entendimento desta obra. Serão vários os assuntos abordados; primeiramente faremos um breve estudo sobre derivativos, para que então sim possamos compreender de forma mais aprofundada as Opções e seu modelo de precificação, o de Black & Scholes. Ainda será visto neste capítulo um sistema de medida de risco muito comum no mercado financeiro o VaR, e por fim iremos estudar o modelo de validação desse sistema de risco, o Backtesting.

Já no capítulo 3 veremos em detalhe toda a metodologia, ou seja, aqui serão detalhados todos os procedimentos tomados para a resolução do problema abordado neste trabalho.

No próximo capítulo, o de número 4, veremos todos os resultados obtidos através da metodologia descrita no capítulo anterior, sendo que os principais resultados serão os dois VaR's calculados por métodos distintos.

No capítulo seguinte, iremos realizar o Backtesting, onde será evidenciado a frequência de extrapolação dos dois VaR's.

Já no capítulo 6 iremos analisar os dados obtidos no capítulo anterior; esta análise será feita através dos resultados apresentado pelo Backtesting; e usando o modelo de Kupiec iremos determinar se os resultados são válidos ou não. Neste capítulo também tentaremos estabelecer alguma relações entre os VaR's e as gregas das carteiras estudadas.

Já no capítulo seguinte, o de número 7, faremos um breve resumo do trabalho, apontando os principais pontos do mesmo, enfatizando os resultados obtidos e por fim através da análise feita no capítulo anterior iremos concluir o trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por finalidade dar o suporte teórico necessário para o entendimento da elaboração deste trabalho. Aqui serão abordados vários assuntos. Primeiramente realizaremos um breve estudo sobre Derivativos para que então possamos estudar mais a fundo as Opções e seu modelo de precificação, o de Black & Scholes, além disso, também tentaremos entender a influência da volatilidade implícita na precificação de uma opção. O estudo sobre opções é necessário, pois devemos compreender como esse ativo pode influenciar na exposição ao risco.

Também será abordado neste capítulo uma ferramenta muito conhecida no mercado financeiro para análise de risco, o VaR; e por fim veremos a ferramenta de validação do VaR, o Backtesting.

2.1 Derivativos

O principal assunto deste capítulo são as opções, porém antes de abordarmos este tema se faz necessário um breve esclarecimento sobre *Derivativos*; trata-se de um instrumento financeiro cujo valor ou cotação depende de outros fatores básicos que o referenciam, como juros, tempo, valor do ativo base, etc. Exemplificando: o mercado de dólar é primário, pois sua cotação não depende de outros mercados, mas sim apenas da demanda e oferta pela moeda; enquanto que uma opção de compra de dólar (um tipo de derivativo) tem sua cotação atrelada à cotação do dólar.

Segundo Martin Mayer (1997), “Não se pode dizer que uma operação com derivativos é um investimento. Na realidade, representa uma expectativa da direção, dimensão, duração e velocidade das mudanças do valor de outro bem que lhe serve de referência”.

Com essa breve introdução sobre derivativos chegamos às seguintes conclusões:

- Se a formação de preços no mercado de derivativos está sujeita à variação de preços de outros ativos no mercado a vista, os derivativos não são causa, mas efeito, pois derivam desses mercados;
- Os derivativos representam a forma de negociar a oscilação de preços dos ativos, sem haver, necessariamente, a negociação física do bem ou da mercadoria.

Os primeiros indícios do surgimento dos derivativos se deram no Japão feudal no século XVII, através do mercado a termo (será visto adiante). Onde produtores rurais acertavam previamente o preço das mercadorias entregues no final da safra. No Brasil, existem quatro tipos de mercados de derivativos: a termo, futuro, de opções e de swap. Alguns analistas não consideram os swaps como uma modalidade de derivativo devido a sua semelhança com o mercado a termo.

Mercado a termo: Como comprador ou vendedor do contrato a termo, compromete-se a comprar ou vender certa quantidade de um bem (mercadoria ou ativo financeiro) por um preço fixado, ainda na data de realização do negócio, para liquidação em data futura. Os contratos a termo somente são liquidados integralmente no vencimento. Podem ser negociados em bolsa e no mercado de balcão.

Mercado futuro: Deve-se entender o mercado futuro como uma evolução do mercado a termo. Compromete-se a comprar ou vender certa quantidade de um bem (mercadoria ou ativo financeiro) por um preço estipulado para a liquidação futura. A definição é semelhante, tendo como principal diferença a liquidação de seus compromissos somente na data de vencimento, no caso do mercado a termo. Já no mercado futuro, os compromissos são ajustados financeiramente às expectativas do mercado referente ao preço futuro daquele bem, por meio de ajuste diário (mecanismo que apura perdas e ganhos). Além disso, os contratos futuros são negociados somente em bolsas.

Mercado de opções: No mercado de opções, negocia-se o direito de comprar ou vender um bem (mercadoria ou ativo financeiro) por um preço fixo numa data futura. Quem adquirir o direito deve pagar um prêmio ao vendedor tal como num acordo de seguro.

Mercado de swap: No mercado de swap, negocia-se a troca de rentabilidade entre dois bens (mercadorias ou ativos financeiros). Pode-se definir o contrato de swap como um acordo, entre duas partes, que estabelecem a troca de fluxo de caixa tendo como base a comparação de rentabilidade entre dois bens. Por exemplo: swap de ouro x taxa prefixada. Se, no vencimento do contrato, a valorização do ouro for inferior à taxa prefixada entre as partes, receberá a parte que comprou taxa prefixada e vendeu ouro. Se a rentabilidade do ouro for superior à taxa prefixada, receberá a diferença a parte que comprou ouro e vendeu taxa prefixada. Deve-se observar que a operação de swap é muito semelhante à operação a termo, uma vez que sua liquidação ocorre integralmente no vencimento.

Existem hoje praticamente três classificações para os Derivativos; são elas:

Derivativos agropecuários: têm como ativo-objeto commodities agropecuárias, como café, boi, milho, soja e outros.

Derivativos financeiros: têm seu valor de mercado referenciado em alguma taxa ou índice financeiro, como taxa de juros, taxa de inflação, taxa de câmbio, índice de ações e outros.

Derivativos de energia e climáticos: têm como objeto de negociação energia elétrica, gás natural, créditos de carbono e outros.

Os derivativos atualmente são usados para diversas finalidades, tais como:

Hedge (proteção): Proteger o participante do mercado físico de um bem ou ativo contra variações adversas de taxas, moedas ou preços. Equivale a ter uma posição em mercado de derivativos oposta à posição no mercado à vista, para minimizar o risco de perda financeira decorrente de alteração adversa de preços.

Alavancagem: Diz-se que os derivativos têm grande poder de alavancagem, já que a negociação desses instrumentos exige menos capital do que a compra do ativo a vista. Assim, ao adicionar posições de derivativos a seus investimentos, pode-se aumentar a rentabilidade total destes a um custo mais barato.

Especulação: Tomar posição no mercado futuro ou de opções sem uma posição correspondente no mercado à vista. Nesse caso, o objetivo é operar a tendência de preços do mercado.

Arbitragem: Tirar proveito da diferença de preços de um mesmo produto/ativo negociado em mercados diferentes. O objetivo é aproveitar as discrepâncias no processo de formação de preços dos diversos ativos e mercadorias.

No mercado de Derivativos há basicamente três tipos de participantes, sendo que são fundamentais para o sucesso do mercado, uma vez que suas funções se complementam; são eles:

Hedger: O objetivo do hedger é proteger-se contra oscilações de preços. A principal preocupação não é obter lucro em derivativos, mas garantir o preço de compra ou venda de determinada mercadoria em data futura e eliminar o risco de variações adversas de preço. Por exemplo:

- O produtor agrícola que participa do mercado futuro para travar o preço de venda e não correr o risco de alta acentuada de preços;
- O importador que tem passivo em dólares e compra contratos cambiais no mercado futuro porque teme alta acentuada da cotação dessa moeda na época em que precisar comprar dólares no mercado a vista.

Arbitrador: O arbitrador é o participante que tem como meta o lucro, mas não assume nenhum risco. Sua atividade consiste em buscar distorções de preços entre mercados e tirar proveito dessa diferença ou da expectativa futura dessa diferença.

A estratégia do arbitrador é comprar no mercado em que o preço está mais barato e vender no mercado em que está mais caro, lucrando um diferencial de compra e venda completamente imune a riscos, porque sabe exatamente por quanto irá comprar e vender. É importante notar que, à medida que os arbitradores comprem no mercado A e vendem no B, aumentam a procura no mercado A e a oferta no B. Em determinado momento, os dois preços tendem a equilibrar-se no preço intermediário entre os dois preços iniciais. O arbitrador acaba agindo como um árbitro, por acabar com as distorções de preços entre mercados diferentes.

Especulador: O especulador é um participante cujo propósito é obter lucro. Diferentemente dos hedgers, os especuladores não têm nenhuma negociação no mercado físico que necessite de proteção. Sua atuação consiste na compra e na venda para ganhar o diferencial entre os preços, não tendo nenhum interesse pelo ativo-objeto.

Geralmente o conceito de especulador não é bem visto, pois tem como objetivo apenas o lucro. Todavia, a presença do especulador é fundamental no mercado futuro, pois é o único que toma risco e assim viabiliza a outra ponta da operação do hedger, fornecendo liquidez no mercado.

Quando os hedgers entram no mercado futuro, não estão propriamente eliminando o risco de variações adversas de preços e, sim, transferindo esse risco ao especulador.

Após esta análise sobre os participantes do mercado pode-se dizer que a VentureStar é um “especulador”, pois tem como principal objetivo o lucro ao participar do mercado de derivativos.

2.2 Opções

Uma vez que já realizamos um breve estudo sobre Derivativos, vamos agora estudar as opções, principal assunto deste capítulo. Devemos compreender este assunto, pois devemos saber de que forma uma opção influi na exposição ao risco.

É importante saber que o desenvolvimento do conceito de opções surgiu de uma necessidade específica: o controle do risco ligado às flutuações dos preços nos mercados agrícolas.

A primeira documentação sobre uso de opções ocorreu na Holanda em 1634. As tulipas eram símbolo de status entre a aristocracia holandesa no século XVII. Naquela época, era comum os mercadores venderem tulipas a futuro (para entregar em data futura). Havia, portanto, grande risco em aceitar vender por preço fixo no futuro sem saber ao certo qual seria o preço exato no momento da venda. Para limitar esse risco e assegurar margem de lucro, muitos mercadores compravam opções dos plantadores. Essas opções lhes asseguravam o direito, mas não a obrigação, de comprar tulipas dos plantadores por preços predeterminado ao término de período de tempo. Em outras palavras, o preço máximo para os mercadores era fixado até que se chegasse o momento de entregar as tulipas aos aristocratas e receber o pagamento.

O conceito importante que fica é que opção é um instrumento financeiro, cujo principal objetivo, ao contrário do que muitos pensam, é a proteção contra grandes variações de preços.

As opções começaram a ser negociadas da forma que as conhecemos hoje em Abril de 1973 na Chicago Board Options Exchange com o lançamento dos contratos de opções sobre títulos do tesouro norte-americano; o mercado cresceu e difundiu-se por toda a parte, sendo indiscutível sua eficácia como instrumento de hedge. Além da função de proteção, as opções servem também como um instrumento especulativo, onde o comprador de uma opção tem um limite de perda, porém uma possibilidade de um ganho bastante elevado.

Segundo Costa (1998), o conceito de opção consiste em “um direito negociável de compra ou venda de um ativo a um preço futuro predeterminado”. Uma opção de um ativo base será ou o direito de comprar o ativo (opção de compra) ou o direito de vender o ativo (opção de venda) a um determinado preço e dentro de um determinado período de tempo no futuro. O fator principal aqui é que o titular (comprador) da opção tem um direito, e não uma obrigação. Se o titular de uma opção não exercer este direito antes do fim do período de tempo pré-determinado, a opção e a oportunidade (direito) de exercê-la deixam de existir. O lançador (vendedor) de uma opção, entretanto, é obrigado a preencher os requerimentos da opção se a mesma for exercida.

No caso de uma opção de compra (call) de uma ação, o lançador (vendedor) vendeu o direito de comprar aquela ação por um preço específico. O lançador da opção de compra é portanto obrigado a vender a ação ao titular da opção de compra (comprador) se a opção for

exercida, e pelo preço pré-determinado. No caso de uma opção de venda (put) de uma ação, o lançador vendeu o direito de vender aquela ação. O lançador da opção de venda da ação é portanto obrigado a comprar a ação do titular da opção de venda (comprador) se a opção for exercida, e pelo preço pré-determinado.

Seguem na tabela abaixo tais direitos e obrigações:

	Opção de Compra (Call)	Opção de Venda (Put)
Titular	Direito de compra	Direito de venda
Lançador	Obrigação de venda	Obrigação de compra

Tabela 2.1: Direitos e Obrigações

Existe uma grande variedade de opções, que usualmente são classificadas quanto ao seu tipo de exercício, ou seja, quanto à possibilidade do detentor da ação comprar ou vender o ativo objeto, antes ou somente da data de exercício pré-estabelecida.

Dentre os casos mais simples existem as opções americanas. Este tipo de opção pode ser exercida em qualquer momento até o seu vencimento (data limite de exercício). Outro estilo de exercício refere-se ao das opções do tipo européia, onde este só é permitido na data de vencimento contratada. Existe, no mercado financeiro, uma grande variedade de tipos de opções, que variam desde as asiáticas até as exóticas, porém não é o foco deste trabalho detalhá-las. O tipo de opção estudada neste trabalho é a européia, onde o titular da opção, só poderia exercer seu direito no dia do vencimento da mesma, sendo este o tipo de opção mais comum no mercado financeiro brasileiro.

Com o objetivo de entender melhor o comportamento de uma opção, vamos analisar o exemplo abaixo.

- Opção: *call*
- Preço de Exercício: \$10,00
- Prêmio pago pela opção: \$0.50

Na data do vencimento da opção seu retorno é dado pelo seguinte gráfico:

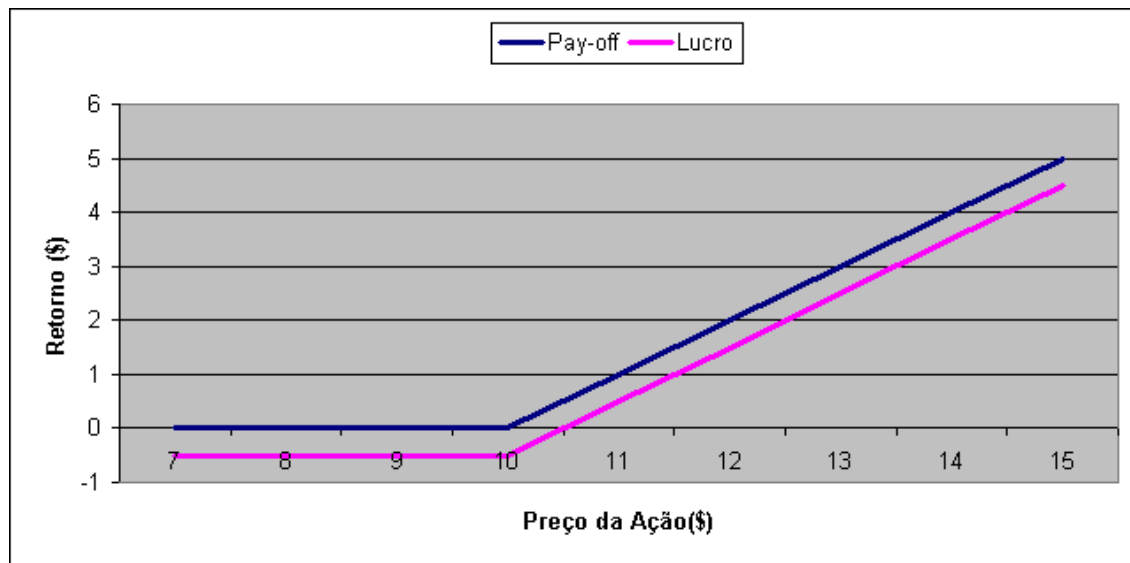


Figura 2.1: Payoff e Lucro

Analisando o gráfico acima, percebemos que para preços abaixo do strike (preço de exercício) o titular da opção não irá exercê-la, visto que não seria vantajoso para ele comprar a ação por \$10,00 sendo que no mercado a mesma está sendo negociada abaixo desse preço; isso resultaria num prejuízo de \$0,50 (o próprio prêmio da opção). Mas, para casos em que o preço corrente da ação está acima do strike, o titular optará por exercer a opção, pois comprará o ativo por um preço mais baixo do que está sendo negociado no mercado, resultando em um payoff positivo; por exemplo, se o preço corrente da ação fosse \$11,00 o titular da opção iria exercê-la, comprando a ação por \$10,00 e vendendo-a imediatamente por \$11,00 tendo um lucro final de \$0,50 ($(\$11 - \$10) - \$0,50$). Note, que o titular da opção passará a ter lucro positivo quando o valor da ação for superior à \$10,50, que seria o *break even point* dessa opção, que nada mais é do que a soma do strike mais o prêmio pago pela opção.

Sendo direitos negociáveis, as opções possuem um preço ou prêmio pelo qual são lançadas, e pelo qual são negociadas nos mercados financeiros. Este prêmio em conjunto com o preço do ativo objeto definem o *payoff* do investidor, ou seja, o valor recebido caso o valor do ativo objeto exceda o valor do preço de exercício.

Este *payoff* na data de vencimento para uma opção de compra pode ser descrito como:

$$payoff = \max\{(S - E), 0\}$$

Onde:

S é a cotação a vista do ativo objeto

E é o preço de exercício da opção

Para opções de venda, o *payoff* é determinado por:

$$payoff = \max\{(E - S), 0\}$$

Onde:

S é a cotação a vista do ativo objeto

E é o preço de exercício da opção

Sabendo o comportamento de uma opção em seu vencimento, podemos agora montar os gráficos das quatro operações possíveis com opções. Segue abaixo o resultado dessas operações.

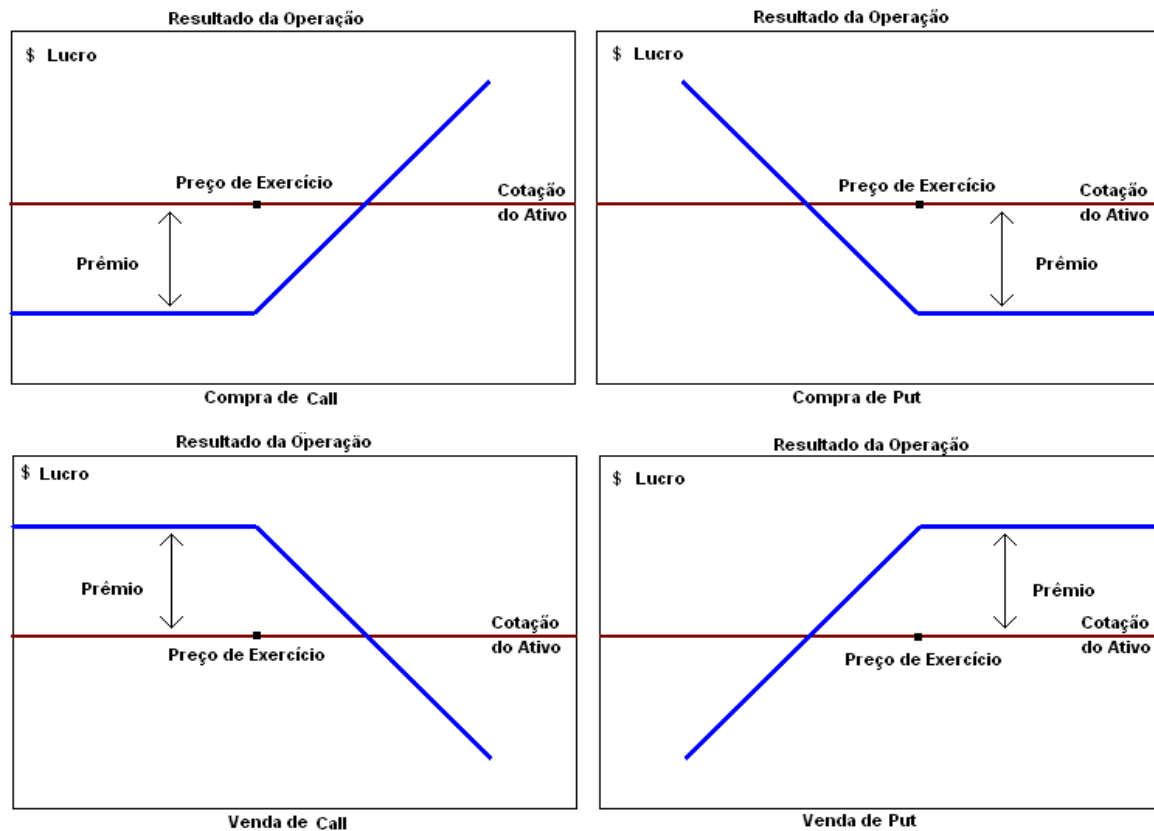


Figura 2.2: Operações Possíveis

Através desses gráficos podemos concluir que o grande risco atrelado às opções está em sua venda, onde o potencial de perda é muito maior do que o potencial de ganho; porém ao realizar uma compra de opções, a máxima perda possível é o próprio prêmio pago pela opção, além da possibilidade de se obter um ganho elevado.

2.3 Modelo Black & Scholes

Previamente vimos o comportamento de uma opção em seu vencimento, porém sabe-se que opções possuem um comportamento muito mais complexo antes do vencimento. Sabe-se também que antes do vencimento o prêmio de uma opção é formado por dois componentes, um valor intrínstico e um valor relativo ao tempo (*time value*).

Este valor intrínstico, para uma opção de compra (call) seria a diferença, se positiva, entre a cotação corrente do ativo base e o strike da opção, caso contrário, diferença negativa, o valor intrínstico seria nulo. Para uma opção de venda (put), o valor intrínstico seria a diferença entre o strike e a cotação corrente do ativo base, se positiva, caso contrário, diferença negativa, o valor intrínstico seria nulo. No dia do vencimento de uma opção, seu valor será justamente seu valor intrínstico, uma vez que o *time value* seria nulo.

Já o segundo componente do prêmio de uma opção, o *time value*, é um pouco mais complexo de se determinar. Vamos analisar o seguinte exemplo: A cotação de um ativo está em \$40,00, e deseja-se comprar uma call cujo strike é \$45,00. Sabemos que caso o vencimento fosse hoje, o valor dessa opção seria \$0,00, mas supondo que seu vencimento fosse em uma semana, será que o preço “justo” dessa opção continuaria sendo \$0,00? A resposta é não. O preço justo seria “algo” maior que \$0,00 devido ao *time value*, pois mesmo que a cotação do ativo (\$40) esteja abaixo do strike (\$45), existe uma chance (probabilidade) mesmo que pequena de que no vencimento este ativo esteja acima de \$45; caso contrário qualquer um iria comprar essa opção por \$0,00, resultando numa operação sem custo e livre de risco, e com uma probabilidade mesmo que pequena, de um ganho ilimitado.

O gráfico abaixo representa esses dois componentes do prêmio de uma opção, no caso, uma call antes do vencimento.

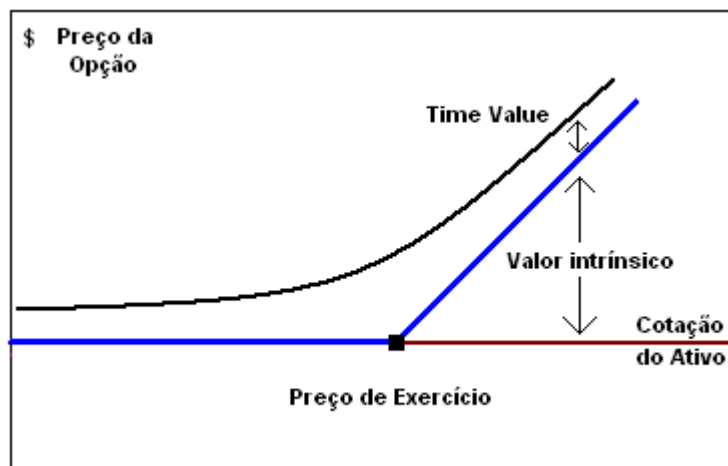


Figura 2.3: Valor de uma Opção

Com a aproximação do vencimento da opção a curva “preta” tende a se aproximar da curva “azul”, até que no vencimento elas se concidem, onde o time value seria nulo; pode-se concluir também que para calls cujo strike está acima do preço corrente do ativo, o preço da opção é o próprio time value, sendo este máximo para opções cujo strike corresponde ao valor corrente do ativo.

Resumindo, vimos até agora que antes do vencimento de uma opção, seu prêmio é formado por duas parcelas, o valor intrínseco e o time value; vimos também como se calcula o valor intrínseco e também que antes do vencimento o time value é maior que zero, e sendo esse nulo no vencimento da opção. O que falta ser definido é como se obtém o time value antes do vencimento de uma opção; e isso tem sido a questão central desde a criação e utilização das opções no mercado financeiro.

Dentre todos modelos que já foram criados para se determinar o time value, o de Black & Scholes, tem se mostrado o mais eficiente até agora, e sem dúvida nenhuma é o mais utilizado; e será esse modelo que nos basearemos para estudar as opções; pois além de ser o mais amplamente utilizado, é o modelo que a VentureStar emprega para negociar opções.

Para a compreensão do modelo, primeiramente devemos esclarecer os três argumentos de dominância estocástica utilizados pelos professores Black e Scholes para a elaboração do modelo, são eles:

- **O preço de uma opção americana deve ser maior ou igual ao seu valor intrínstico:** Se o preço da opção fosse menor do que seu valor intrínstico, o titular da opção poderia obter um lucro imediato e sem risco, comprando-a e exercendo-a imediatamente e vendendo (comprando) o ativo logo depois.
- **Qualquer opção deve valer no mínimo zero:** Como foi dito anteriormente, uma opção é nada mais do que um “direito”, e seria impossível alguém (titular) receber dinheiro para ter esse direito, ou mesmo, alguém (lançador) pagar para ter uma obrigação.
- **O preço de uma opção deve ser menor ou igual que o preço do ativo base:** O valor de uma opção deve ser menor ou igual pela seguinte razão: uma opção tem prazo de validade, enquanto que o ativo base pode durar “para sempre”.

Com esses três argumentos podemos desenhar o seguinte gráfico, onde fica possível determinar os “limites” do preço de uma opção:

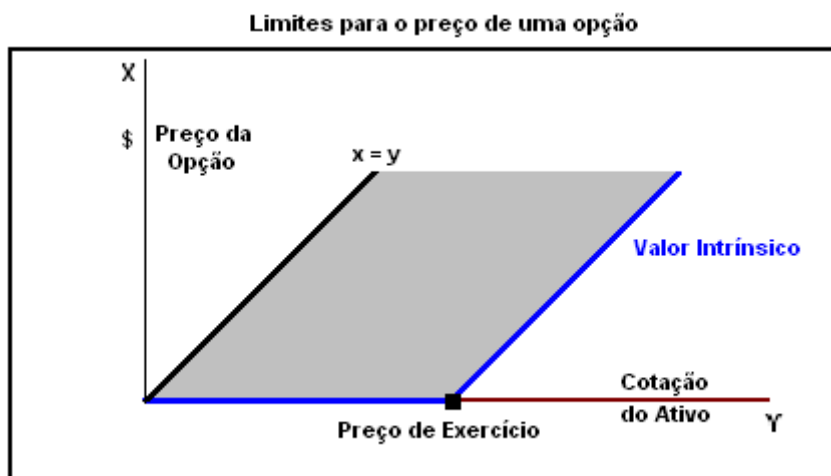


Figura 2.4: Limites do Valor de uma Opção

Uma vez determinado os limites do preço de uma opção, vejamos agora as hipóteses assumidas por Black e Scholes para o desenvolvimento do modelo:

- Opção estilo Européia;
- O ativo base possui uma distribuição de retorno log-normal;
- Taxas de juros constantes;
- Volatilidade constante;
- Não há custos operacionais;
- Não há oportunidade de arbitragem sem risco;
- O ativo base não paga dividendos antes do vencimento da opção.

Levando em conta os três argumentos estocásticos e as hipóteses assumidas, a equação de Black & Scholes em sua forma primária se apresenta da seguinte forma:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0$$

Onde $V = V(S, t, r)$ é uma função que define o valor da opção em função do preço corrente S do ativo no instante t e à taxa de juros r . Ao se desenvolver essa equação, chega-se à seguinte fórmula que representa o valor “justo” de uma call e uma put segundo o modelo de Black & Scholes:

$$CALL = S.N(d1) - E.e^{-rt}.N(d2)$$

$$PUT = E.e^{-rt}.N(d2) - S.N(d1)$$

onde:

S = Preço corrente do ativo base

E = Preço de exercício

t = Tempo para o vencimento em % de ano

r = Taxa de juros no período

σ^2 = Variância da taxa de retorno do ativo objeto

σ = Desvio padrão da taxa de retorno do ativo objeto

N = Função distribuição normal acumulada

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t}$$

Essa fórmula é relativamente fácil de compreender se lembrarmos que o preço de uma opção é composto por dois fatores: valor intrínseco e time value. No caso de uma call, o valor intrínseco seria a diferença do preço corrente do ativo com o strike. Na fórmula, o leitor pode ver que S é o preço do ativo e $E.e^{-rt}$ é o valor intrínseco descontado no tempo.

Uma observação que se faz necessária e oportuna é a relação entre opções Européias e Americanas, isso porque um dos argumentos estocásticos refere-se particularmente às opções americanas, enquanto que a fórmula apresentada pelo modelo Black & Scholes refere-se à opções Européias. A diferença entre as duas é que opções Americanas podem ser exercidas a qualquer momento antes do vencimento, e as Européias apenas em seu vencimento; e isso acaba acarretando em uma diferença no prêmio delas. A princípio seria normal imaginar que uma opção americana deveria valer mais que uma européia, pois podem ser exercidas antes do vencimento, algo que opções européias não permitem, portanto esse direito a mais deveria representar um prêmio maior para as opções americanas; porém esse pensamento está errado. Vejamos o gráfico abaixo:

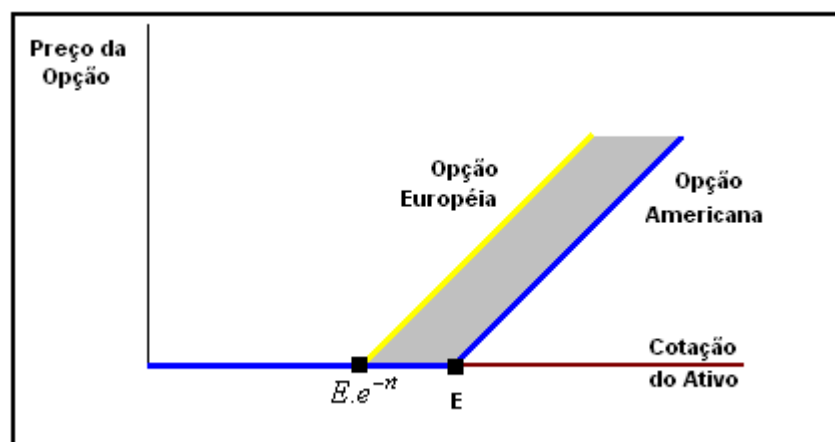


Figura 2.5: Opção Européia x Americana

Através deste gráfico, podemos concluir que o valor intrínseco de uma opção européia sempre será maior ou igual que o de uma opção americana para qualquer cotação do ativo base; uma vez que no cálculo do valor intrínseco de uma opção européia, o strike é descontado no tempo, o que não ocorre no caso das americanas, já que seu exercício pode-se dar a qualquer momento. Portanto, o valor do prêmio de uma opção européia ainda está dentro dos limites apresentado no gráfico 2.4, validando o modelo de Black & Scholes.

Porém não é esse exatamente o modelo que empregamos no cálculo dos preços de opções sobre taxa de câmbio, e sim um outro modelo que é uma variável do modelo de Black & Scholes. O modelo que iremos usar é o modelo de Black (1976). Isso porquê o modelo de Black & Scholes foi proposto para ativos pertencentes ao mercado a vista, porém as opções de dólar tratadas nesse trabalho são sobre o dólar futuro. Para adaptar o modelo de Black & Scholes para o mercado futuro, são necessárias algumas pequenas mudanças; segue abaixo o modelo de Black:

$$CALL = [F.N(d1) - E.N(d2)].e^{-rt}$$

$$PUT = Call + e^{-rt}.(E - F)$$

onde:

F = Preço corrente do futuro

E = Preço de exercício

t = Tempo para o vencimento em % de ano

r = Taxa de juros no período

σ^2 = Variância da taxa de retorno do ativo objeto

σ = Desvio padrão da taxa de retorno do ativo objeto

N = Função distribuição normal acumulada

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{E}\right) + \left(r + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)\right)(t)}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t}$$

Uma vez que a equação do modelo foi apresentada, vamos agora estudar algumas de suas particularidades, tais como as “gregas”, derivadas parciais do preço de uma opção que servem como “parâmetros” no monitoramento da posição assumida.

2.3.1 As Gregas

“Gregas” é o nome comumente dado às derivadas parciais do preço de uma opção em relação aos quatro termos mais importantes na composição do prêmio de uma opção: preço do ativo, juros, volatilidade implícita e tempo até o vencimento. Juntas, essas “gregas” servem como parâmetros no controle da posição assumida no mercado de opção; informado a posição equivalente no mercado do ativo objeto, a taxa de mudança dessa posição, e a sensibilidade quanto à mudança na volatilidade e nas taxas de juros. Segue abaixo a definição das “gregas”:

DELTA - Δ

Talvez a “grega” mais importante, o Delta tecnicamente nos fala o quão sensível é o preço da opção em relação às mudanças de preço no ativo base. O delta de uma opção (Δ) nada mais é do que a derivada do preço da opção em relação ao preço do ativo objeto. Segundo Hull (1993), caso o preço do ativo base sofra pequenas variações o preço da opção se alterará $\Delta\%$ desta variação; o delta de uma opção também pode ser interpretado como a probabilidade da opção ser exercida.

Uma outra maneira, mais simples e prática de se entender o Delta seria da seguinte maneira: ao se comprar “n” quantidade de uma opção com um determinado “ Δ ”, para pequenas variações de preço do ativo base, a carteira se comportaria da mesma maneira que uma carteira composta por “ $n \cdot \Delta$ ” ativos base.

Segue abaixo a fórmula do Delta:

$$\Delta Call = e^{-rt} \cdot N(d1)$$

$$\Delta Put = -e^{-rt} \cdot N(-d1)$$

Pelo fato de representar uma quantidade equivalente de ativos base, essa informação pode ser muito útil para quem deseja diminuir a exposição ao risco, basta assumir uma posição contrária no mercado do ativo base. Vejamos o exemplo abaixo: Se uma carteira de opção gera um delta de 30 contratos, basta vender 30 contratos do ativo base, dessa forma para pequenas variações no preço do ativo base, a carteira terá um efeito nulo; esse tipo de operação é conhecido como Delta Hedge, como dito anteriormente, esse tipo de operação só serve para pequenas variações, e não para grandes oscilações, isso se deve ao efeito “gamma”, a próxima grega a ser estudada.

Porém, antes de estudarmos a próxima grega, uma observação oportuna que devemos fazer é a “classificação” das opções quanto ao seu delta.

- *At the money*: Uma opção é considerada “at the money” (ATM) ou “no dinheiro” quando esta possui um delta próximo de 50%; isso significa que o preço corrente do ativo base está muito próximo do strike.
- *In the money*: Uma opção é considerada “in the money” (ITM) ou “dentro do dinheiro” quando esta possuir um valor intrínseco maior que zero, ou seja, o preço corrente do ativo base é superior ao strike no caso de uma call, ou inferior no caso de uma put; ou simplesmente de seu delta é superior à 50% em módulo.
- *Out of the money*: Já uma opção é dita “out of the money” (OTM) ou “fora do dinheiro” caso tenha um valor intrínseco nulo, ou seja, o preço corrente do ativo base é inferior ao strike no caso de uma call, ou superior no caso de uma put; ou simplesmente de seu delta é inferior à 50% em módulo.

Segue abaixo os gráficos “Delta X Cotação do Ativo Base” para um melhor entendimento desta grega.

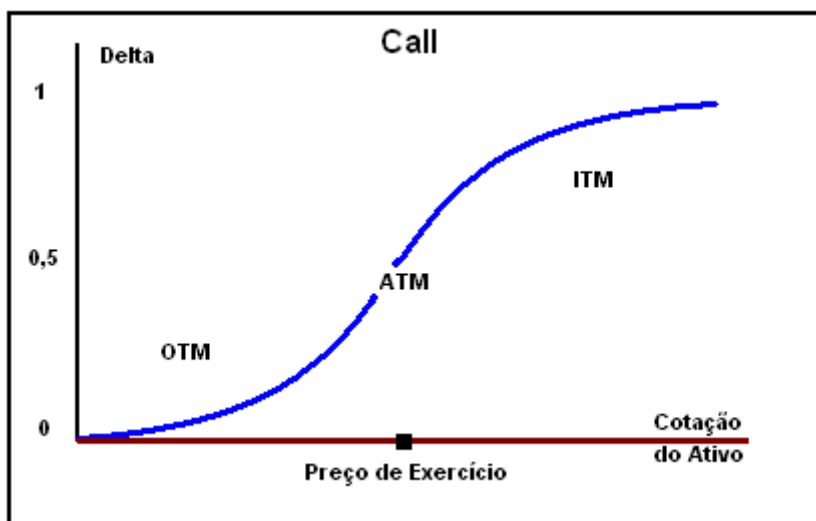


Figura 2.6: Delta Call

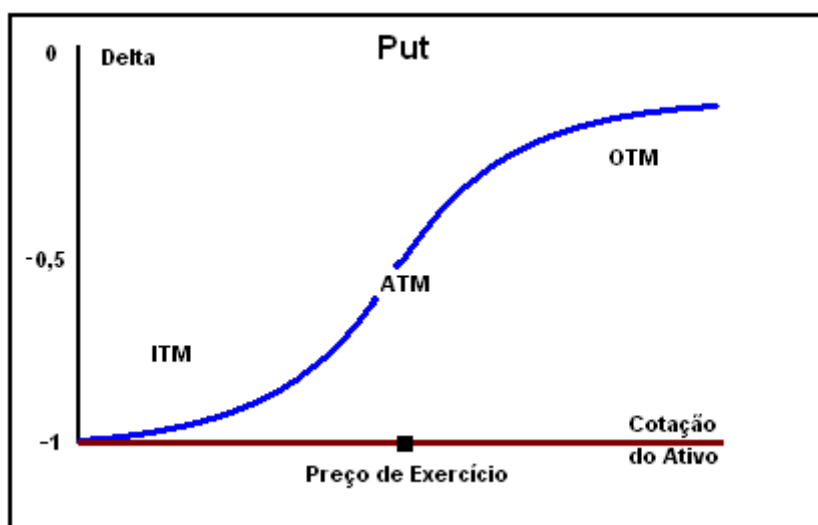


Figura 2.7: Delta Put

GAMA - Γ

Por definição, o gama de uma opção é a derivada do delta da mesma em relação ao preço do ativo, ou a segunda derivada do preço da opção em função do preço do ativo. Pode ser interpretado como a aceleração do delta. “Quão maior o gama mais rapidamente o delta de uma carteira variará”, (HULL, 1993). Segue abaixo a fórmula do gamma:

$$\Gamma = \frac{N'(d1)e^{-rt}}{F\sigma\sqrt{t}}$$

Onde:

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

Como se pode ver nos gráficos 2.6 e 2.7, o delta das opções muda conforme a cotação do ativo base, e isso se deve ao efeito gamma, e analisando o mesmo gráfico podemos afirmar que as opções ATM's possuem os maiores gammas, enquanto as ITM's e OTM's possuem gammas relativamente baixos; vejamos o gráfico abaixo Gamma X Delta.

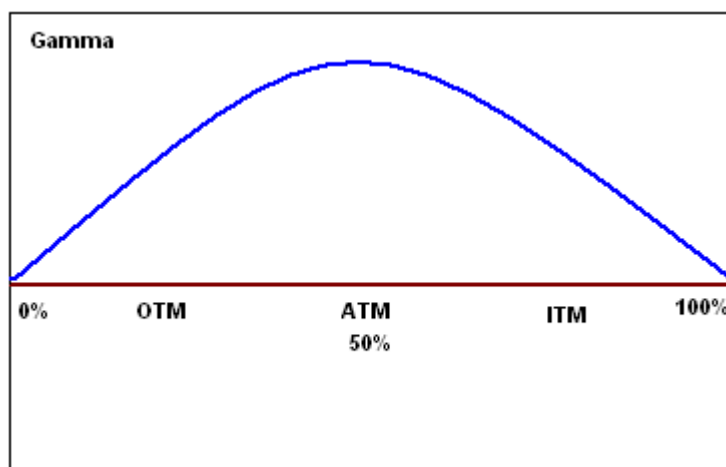


Figura 2.8: Gamma x Delta

O gamma tem uma importância muito grande no monitoramento da posição assumida no mercado de opções, pois conforme o gamma de sua carteira o delta da mesma pode variar

muito em um mercado volátil e isso pode acarretar em grandes perdas financeiras; esta propriedade do gamma será melhor detalhada adiante.

VEGA- κ

O vega é a derivada do valor de uma opção em função da volatilidade implícita; essa grega nos fala o quão sensível é o preço de uma opção em função da volatilidade implícita. Para vegas altos, a opção tende a variar mais em com mudanças na volatilidade. Sua fórmula segue abaixo:

$$\kappa = F\sqrt{T}N'(d1)e^{-rt}$$

O vega tende a se comportar como o gamma, opções ATM's são mais sensíveis à variações da volatilidade implícitas do que opções ITM's e OTM's.

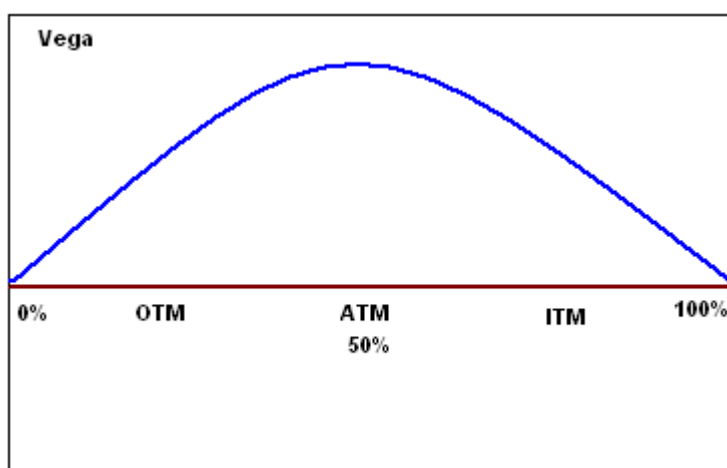


Figura 2.9: Vega x Delta

Muitas vezes ao se comprar uma opção, o titular da opção não está se preocupando com a direção que o mercado está seguindo, e sim na volatilidade do mesmo, pois se ao comprar

uma opção e o mercado apresentar um aumento na volatilidade, o titular ganhará dinheiro se este tiver feito o Delta Hedge, que será explicado mais a frente, porém se a volatilidade recuar, o titular terá prejuízo; e pelo fato das opções ATM's serem as mais sensíveis em relação à volatilidade, operadores de volatilidade sempre tendem a operar mais este tipo de opção.

RÔ - P

O rô de uma opção é a taxa de variação no valor da mesma em função da taxa de juros praticada. É descrito matematicamente como:

$$PCall = FTe^{-rT} N(d2)$$

$$PPut = -FTe^{-rT} N(-d2)$$

Dentre as gregas, o Rô é a “menos” importante, pois atualmente temos variações pequenas nas taxas de juros praticadas no mercado brasileiro, tendo um impacto significativamente menor que as variações de volatilidade, do preço do ativo e o efeito do teta, próxima grega a ser estudada.

TETA - Θ

A derivada do valor de uma opção, em função do tempo, considerando todas as outras variáveis constantes, é conhecido como Teta; representando a quantidade de dinheiro que o prêmio de uma opção adquire (ou perde) ao expirar uma unidade de tempo (um dia) de seu prazo.

Especificamente:

$$\Theta_{Call} = -\frac{FN'(d1)\partial e^{-t}}{2\sqrt{T}} + FN(d1)e^{-t} - Ee^{-t}N(d2)$$

$$\Theta_{Put} = -\frac{FN'(d1)\partial e^{-t}}{2\sqrt{T}} - FN(d1)e^{-t} + Ee^{-t}N(d2)$$

Se mantivermos todas as outras variáveis constantes, o time value de uma opção, com o passar do tempo, se comportaria da seguinte forma devido à ação do Teta:

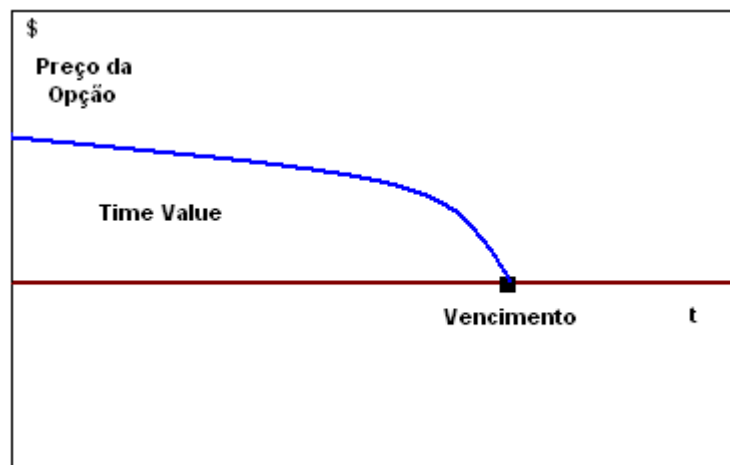


Figura 2.10: Time Value x Tempo

Analisando o gráfico acima, concluímos que o efeito do Teta acentua-se com o passar do tempo; um bom entendimento do Teta pode ajudar em muito nas estratégias de Hedge, onde as vezes se faz necessário a compra de opções, por isso sempre é preferível comprar uma opção com um vencimento mais longo, pois sofrerá menos com a ação do Teta. Já, pessoas interessadas em vender opções sempre tendem a vender opções “curtas”, pois terão um Teta elevado a seu favor; além disso, as ATM’s sofrem mais com a ação do Teta segundo o gráfico Teta x Delta.

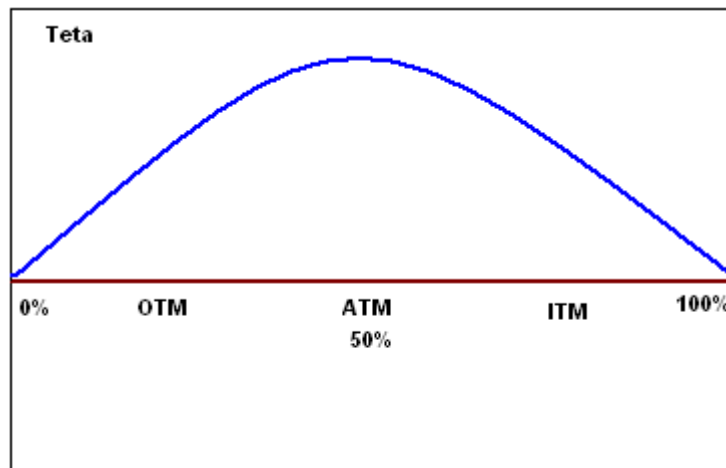


Figura 2.11: Teta x Delta

2.3.2 Delta Hedge

Trata-se de uma prática muito comum no mercado financeiro, cujo objetivo é o de se amenizar a exposição ao risco quando se negocia opções. Como foi explicado anteriormente, ao se comprar ou vender uma certa quantidade de opções, um certo delta será gerado, representando uma posição equivalente de “ $n \cdot \Delta$ ” contratos do ativo base. Dessa forma, para se efetuar o Delta Hedge basta assumir uma posição contrária no mercado do ativo base. Como se trata de uma relação não-constante, devido ao efeito gamma, a cada movimento do ativo base, deve-se fazer uma nova posição no mercado do ativo base; porém muitas vezes essa prática pode se tornar um tanto quanto complicada; vejamos o seguinte exemplo: ao vender uma call, a posição assumida terá um delta negativo e apresentará também um gamma negativo, isso significa que a cada movimento de alta do ativo base, o delta da opção irá diminuir mais ainda, e a cada movimento de queda do ativo base, o delta irá aumentar, ou seja, quando o mercado “sobe” a posição tende a ficar mais “vendida”, e quando o mercado “cai” a posição tende a ficar “comprada”, e para se efetuar o Delta Hedge seria necessário comprar o ativo em cotações altas e vendê-lo em cotações baixas; isso em um mercado volátil poderia representar uma perda considerável; porém ao se comprar uma call, a situação se inverteria, pois o gamma seria positivo e para manter o delta sem grandes variações, seria necessário

vender o ativo em cotações altas e comprá-lo em cotações baixas; por isso é muito mais tranquilo manter o Delta Hedge em situações cujo gamma da posição é positivo.

Para um melhor entendimento do “sinal” das gregas quanto ao tipo de operação, montou-se a seguinte tabela onde estão explicitados os sinais das gregas em relação ao tipo de operação (compra ou venda):

GREGAS	COMPRA		VENDA	
	CALL	PUT	CALL	PUT
DELTA	+	-	-	+
GAMMA	+	+	-	-
VEGA	+	+	-	-
TETA	-	-	+	+
RHÔ	-	-	+	+

Tabela 2.2: “Sinais” das Gregas

O principal objetivo do Delta Hedge como dito anteriormente é a proteção contra variações inesperadas do ativo base, ou também pode ser uma ferramenta para quem apenas tem interesse em operar a volatilidade implícita das opções, uma vez que o resultado financeiro da posição dependeria majoritariamente por mudanças na volatilidade implícitas das opções; caso em que se encontra VentureStar.

2.4 Volatilidade

Como mencionado previamente, a volatilidade é o principal parâmetro para a VentureStar na negociação de opções, mas o que seria Volatilidade? E por que ela é tão importante na negociação de opções?

Segundo Natenberg (1994): “Podemos definir o valor da volatilidade associada a um instrumento de referência como a mudança em seu preço correspondente a um desvio padrão, em termos percentuais, ao fim do período de um ano”. Trata-se do componente mais importante na precificação de uma opção, porém ao contrário dos outros parâmetros que podem ser diretamente observados, este deve ser calculado; e isso acaba causando algumas complicações. Uma dessas complicações seria definir a melhor maneira de se medir a volatilidade de um ativo; visto que há vários métodos de se calcular, através de preços de

abertura, de fechamento, máximos e mínimos. Além disso, há uma outra grande dúvida sobre qual seria a melhor “volatilidade” para se usar na precificação de uma opção, pois existem vários tipos de volatilidade: histórica, atual, prevista, sazonal, implícita, etc.

Como foi visto anteriormente, o preço de uma opção é sensível à mudanças na volatilidade, vamos agora tentar entender esse efeito. Uma maneira mais simples de se compreender a influência da volatilidade na precificação de uma opção seria considerá-la como uma medida de risco, pois quanto mais volátil um ativo é, mais difícil seria de prever seu comportamento futuro, portando maior o risco em se vender esse ativo; e tratando-se de um ativo de risco, maior será o prêmio exigido pelo lançador para vender uma opção.

O gráfico abaixo representa o que ocorre com o preço de uma opção quando há um aumento de volatilidade; a curva “vermelha” representa o comportamento de uma opção em um mercado volátil (de maior risco), e a “preta” num mercado menos volátil (de menor risco).

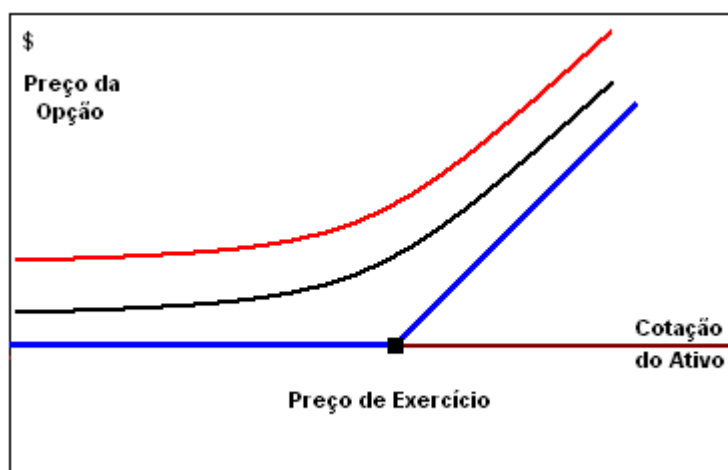


Figura 2.12: Influência da Volatilidade no Prêmio de uma Opção

Resumindo, ao se operar opções, basicamente dois riscos são assumidos, um referente à direção do mercado e outro referente à intensidade com que o mercado se movimenta; o primeiro pode ser amenizado pelo Delta Hedge, já quanto ao segundo não há muito que se fazer; ao se assumir uma posição no mercado de opção, esta estará a mercê das variações da volatilidade; daí o grande interesse em mensurar este risco, que está diretamente ligado à variações da volatilidade implícita, que veremos a seguir.

2.4.1 Volatilidade Implícita

Volatilidade implícita pode ser entendida como o risco percebido pelo mercado e imbutido no time value do prêmio de uma opção. Para se determinar a volatilidade implícita, basta colocar como entrada no modelo de Black & Scholes o preço corrente da opção, strike, preço do ativo base, tempo até o vencimento, juros e expectativa de dividendos se houver; portanto basta “rodar” o modelo ao contrário que a volatilidade implícita será determinada.

Para um melhor entendimento deste assunto, considere a seguinte situação: Uma call cujo strike é \$65, é comprada a \$2,75, representando uma volatilidade implícita de 20%. Se o preço do ativo base caísse algo em torno de 3%, seria normal que o preço da call também recuasse, porém se a volatilidade implícita aumentasse para 40%, essa opção seria negociada a \$3,00, compensando a perda pelo movimento contrário do ativo. Isso mostra o grau de importância da volatilidade implícita no comportamento de uma opção.

Geralmente, a volatilidade implícita de uma opção que está sendo negociada é próxima a volatilidade histórica, mas isso não significa que sempre devam andar juntas, pois há eventos no mercado que podem acabar afetando mais uma do que a outra.

Para pessoas que operam opções, e tem um interesse maior na volatilidade das opções e não na direção do ativo base, consideram a Volatilidade Implícita como um ativo à parte, quando está “cara” (alta) vendem-a (vendendo opções) e quando está “barata” (baixa) compram-a (comprando opções), e umas das “ferramentas” utilizadas para se determinar se a volatilidade implícita de uma opção está alta ou baixa é o Smile.

2.4.2 Smile

Smile é o nome dado ao gráfico “Volatilidade Implícita X Delta”. Esse gráfico recebe esse nome por que em muitos mercados tem o formato de um sorriso. Este gráfico é a principal ferramenta para traders de opção, pois através dele, os traders podem encontrar o preço mais justo de uma opção calculando seu nível de volatilidade. Segue abaixo um smile de opção de dólar cujo vencimento é Janeiro de 2009:

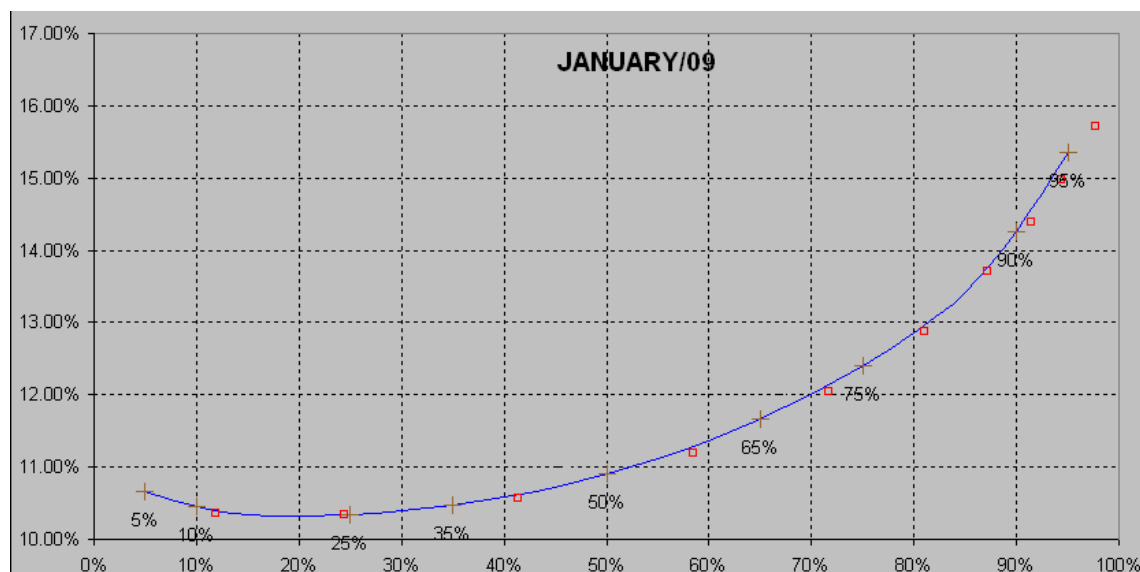


Figura 2.13: Smile

Um smile é “desenhado” a partir do preço de algumas opções que estão sendo negociadas no mercado; podendo mudar de formato com o passar do dia; este em questão é um Put-Smile de fechamento (01/08/2008) das opções de Dólar para Janeiro de 2009; um Call-Smile seria exatamente a imagem espelhada deste gráfico, devido a seguinte relação: a soma dos módulos dos deltas de uma Call e uma Put de mesmo strike deve ser 1; deve-se somar os módulos porque Puts tem Delta negativo. Com o smile desenhado é possível saber qual o preço justo de qualquer opção para aquele vencimento.

Pode-se notar que a forma do gráfico não é exatamente um smile “teórico” onde a curva seria simétrica, isso deve-se à uma correção que o mercado faz na precificação das opções devido à imperfeições no modelo de Black & Scholes; umas das suposições adotadas para a elaboração do modelo é considerar a volatilidade constante; e isto acaba “escondendo um problema”, e foi descoberto da pior maneira possível, durante a crise dos anos 90, onde várias empresas financeiras quebraram. No mercado de Dolar, movimentos de “alta” são mais rápidos que movimento de “queda”, e isso acaba acarretando em um aumento de prêmio das opções *high strike*. Isso acontece porque lançadores de opções *high strike* (strikes elevados) exigem um prêmio maior, pois terão esses movimentos de alta contrários à sua posição.

2.4.3 Superfície de Volatilidade

Na seção anterior estudamos o smile, gráfico que representa o comportamento das opções para um determinado vencimento, porém no mercado de opções de Dólar há vários vencimentos, e o conjunto dos smiles de cada vencimento formam a Superfície de Volatilidade; segue abaixo a superfície de volatilidade gerada no dia 05/09/2008 entre os vencimentos de Outubro de 2008 e Abril de 2009.

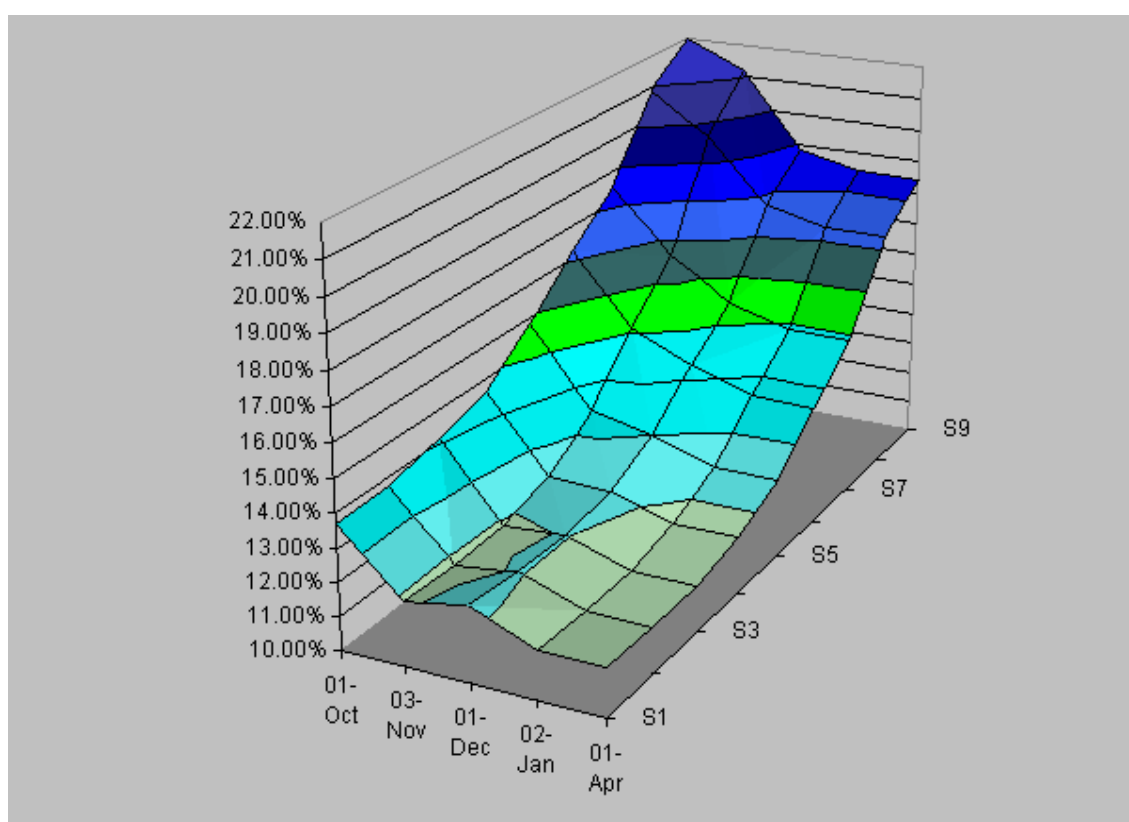


Figura 2.14: Superfície de Volatilidade

Como se pode ver no gráfico, cada vencimento possui um smile diferente, isso se deve à percepções diferentes que o mercado atribui a cada vencimento, muitas vezes eventos no mercado afetam mais um vencimento do que outros. A título de curiosidade, smiles são mais utilizados para se negociar opções, achando seu preço “justo”, já uma superfície de volatilidade é mais direcionada como uma ferramenta de elaboração de estratégias, pois num só gráfico estão embutidos vários smiles.

Vimos então que a volatilidade implícita é o parametro mais importante na negociação de uma opção, e que esta pode ser determinada pelo preço corrente da opção, e através de

preços correntes de opções diferentes de um mesmo vencimento pode-se desenhar o smile, ferramenta muito importante na negociação de opções, e através de vários smiles é possível determinar a superfície de volatilidade.

O que ficou bem claro neste estudo de smiles e superfície de volatilidade, é que o nível de volatilidade implícita pode variar muito de uma opção para outra, e isso significa que algumas opções apresentam um risco maior que outras, mais um motivo para saber a verdadeira exposição ao risco que o fundo está assumindo ao operar opções. Agora, iremos estudar de que maneira podemos “medir” esse risco assumido.

2.5 Value at Risk (VaR)

O enfoque central deste trabalho está na análise de dois VaR's distintos, sendo que um deles considera a influência da volatilidade implícita na precificação das opções, e o outro ignora tal fator. Esta análise será baseada nos resultados obtidos com a realização do Backtesting, que nada mais é do que um modelo de validação do VaR.

O Value at Risk (VaR) tem suas origens nos grandes desastres financeiros do início dos anos de 1990 que abalaram várias empresas financeiras. A lição comum a esses desastres é que bilhões de dólares podem ser perdidos em decorrência de ineficientes supervisão e administração de risco financeiro. Estimulados a agir, as instituições financeiras e os reguladores se voltaram para o VaR, um método de fácil compreensão para o cálculo e o controle dos riscos de mercado.

Mas o que seria exatamente risco de mercado? Risco poderia ser definido como a volatilidade de resultados inesperados, normalmente relacionado ao valor de ativos ou passivos de interesses; sendo que esses riscos originam-se de várias fontes. Podem ser criados pelos seres humanos, como por exemplo, os ciclos de negócios, a inflação, as mudanças de políticas de governos e guerras, O risco também provém de fenômenos naturais imprevisíveis, tais como o clima e terremotos, ou resulta das principais fontes de crescimento econômico de longo prazo.

2.5.1 Definição de VaR

Trata-se de um modelo de mensuração de risco que utiliza técnicas estatísticas comumente usadas em outras áreas técnicas. Formalmente, o VaR mede a *pior perda esperada ao longo de um determinado intervalo de tempo, sob condições normais de mercado e dentro de determinado nível de confiança* (Philippe Jorion 1993). Com base em fundamentos científicos, fornece aos usuários uma medida concisa do risco de mercado. Por exemplo, um banco poderá informar que o VaR diário de sua carteira é de US\$35 milhões, ao nível de confiança de 99%, isto é, há apenas uma oportunidade em 100, sob condições normais de mercado, de ocorrência de prejuízos superiores a US\$35 milhões.

Basicamente o VaR pode beneficiar qualquer entidade exposta ao risco financeiro. As diferentes aplicações do método de VaR podem ser classificadas da seguinte maneira:

- **Passivas: fornecimento de informações.** A primeira aplicação do VaR foi mensurar o risco agregado. O VaR pode ser usado para informar de maneira prática e simples os riscos incorridos de transações e operações de investimento.
- **Defensivas: controle de risco.** O VaR também pode ser utilizado no estabelecimento de limites de posição para operadores e unidades de negócio. A vantagem do VaR é a criação de um denominador comum que permite comparar atividades arriscadas em diversos mercados.
- **Ativas: gerenciamento de risco.** Outra funcionabilidade do VaR é o controle na alocação de capital entre operadores, unidades de negócios, produtos e até para instituições financeiras como um todo.

Devido sua grande funcionabilidade e fácil implementação o VaR tem sido adotado em massa por instituições do mundo inteiro.

- **Instituições financeiras**
- **Órgãos de regulamentação**
- **Instituições não-financeiras**

- **Gestores de recurso.** Caso em que se encontra a VentureStar.

2.5.2 Métodos de Cálculo do VaR

Existem basicamente três métodos distintos para se calcular o VaR de uma carteira, segue a baixo a descrição e críticas quanto aos métodos.

VaR Histórico: Este método consiste em recuar no tempo (ex: 250 dias), e obter o retorno da carteira em questão para cada um desses dias, utilizando as variações de cada ativo presente na carteira nesses 250 dias; com os retornos diários obtidos é possível calcular o VaR da carteira. Trata-se de um método relativamente simples de se implementar, caso tenha-se disponível os dados históricos de todos ativos presentes na carteira atual. A principal crítica à esse modelo seria quanto ao intervalo de tempo estipulado, pois ao usar este modelo estamos assumindo que o futuro terá um comportamento semelhante ao passado, e isso não é necessariamente verdade; outro problema quanto à este método é a disponibilidade de dados de opções, já que muitas séries de opções são criadas por pouco tempo pela BM&F.

VaR Delta-Normal: Este método consiste em obter o VaR através da precificação dos ativos presentes na carteira assumindo que esses possuem uma distribuição normal de retorno; neste método as opções são precificadas por um modelo previamente adotado, onde a única variável restante é o valor do ativo base, que é obtido através da curva normal. Uma crítica à esse modelo é a hipótese assumida que os ativos possuem uma distribuição normal de retorno, sabe-se que muitos ativos financeiros apresentam curvas de retorno diferentes de uma curva normal; outra crítica à esse modelo é a simplificação das opções à Deltas, onde é excluído o risco da variação da volatilidade.

Simulação de Monte Carlo: Resumidamente, este método é desenvolvido em duas fases. Na primeira, é especificado um processo estocástico para as variáveis financeiras, bem como os parâmetros desse processo. Na segunda fase, são simulados cenários fictícios de preço para todas as variáveis de interesse. Para cada horizonte considerado, a carteira é marcada a mercado; cada uma dessas simulações é utilizada na geração de retornos, onde é extraído o VaR. Trata-se do modelo mais eficiente, pois consegue capturar uma grande quantidade de

riscos, inclusive a volatilidade. O maior problema deste método é seu custo operacional. Se mil cenários forem criados para uma carteira de mil ativos, o número total de simulações chegará a um milhão. Outra fragilidade deste método está em seu processo estocástico, onde são definidas as correlações entre os ativos para a geração dos cenários, essas correlações muitas vezes são obtidas de forma histórica, o que acaba recaindo na questão da hipótese que o futuro é semelhante ao passado.

2.5.3 Backtesting

Modelos de VaR são úteis unicamente quando conseguem prever o risco de forma razoável. Por isso, a aplicação desses modelos deve ser sempre acompanhada de um processo de validação. A *validação de um modelo* é o processo geral por meio do qual verifica-se se um modelo é ou não adequado. Isso pode ser feito com um conjunto de ferramentas que incluem o *backtesting*, os testes de estresses e auditorias e as supervisões independentes.

O backtesting é uma ferramenta estatística formal para verificar a consistência entre as perdas observadas e as perdas previstas. Isso implica comparar o histórico de perdas previstas pelo VaR com os retornos observados da carteira. Esses procedimentos, às vezes chamados de confronto de realidade, são essenciais para os usuários de VaR e gerentes de risco que necessitam verificar se suas estimativas de VaR estão bem calibradas. Caso contrário, os modelos terão de ser revistos para identificar falsas hipóteses, parâmetros errôneos ou imprecisões na modelagem.

Quando o modelo é perfeitamente calibrado, o número de observações fora dos limites do VaR deve estar em sintonia com o nível de confiança. O número de vezes que a perda realizada excede o VaR é também conhecido com exceções. Quando há muitas, o modelo está subestimando o risco.

Antes de abordar o assunto estatístico, é necessário levantar um sério problema de dados. A medida de VaR pressupõe que a carteira atual é “congelada” ao longo do horizonte estipulado. Em realidade, a carteira de operações sofre mudanças ao longo do dia. Portanto, a carteira atual é “contaminada” por mudanças em sua composição. Essa contaminação pode ser minimizada se o horizonte for relativamente curto, devido a esse problema, o VaR que iremos analisar é o VaR diário, ou seja, com um horizonte de apenas um dia.

Efetuar o backtesting implica comparar sistematicamente o histórico VaR com os retornos subsequentes. O problema é que o VaR é informado somente para determinado nível de confiança, e portanto, espera-se que ele seja excedido somente em algumas ocasiões, por exemplo em 5% das observações para um nível de confiança de 95%. Porém, é quase certo que não sejam observados exatamente 5% de excessos; talvez um número entre 4 a 8%. Mas se a frequência de desvios tornar-se muito grande, 10 a 20% por exemplo, o usuário tem de concluir que o problema é oriundo do modelo e que é necessária alguma correção. Essa “decisão” de aceitar ou “rejeitar” o modelo é um problema clássico de decisão em estatística.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por objetivo detalhar todos procedimentos tomados para a realização deste trabalho. Como o enfoque deste trabalho é a análise de dois VaR's distintos; o primeiro passo a se tomar é a definição dos métodos de cálculo desses VaR's.

Uma vez definido os dois métodos de cálculo do VaR, o próximo passo a ser tomado é a definição de um período para a realização do Backtesting. Para que o resultado dessa comparação seja o mais confiável possível, este prazo deve ser o maior possível; porém como a implementação do sistema responsável pelo cálculo do VaR na empresa se deu apenas este ano, teremos uma base de dados não muito extensa; os dados necessários para a realização deste trabalho só começaram a ser gravados no banco de dados da empresa a partir de 01/04/2008, desta forma para a realização do backtesting iremos usar o período compreendido entre o início da gravação dos dados até o dia anterior a realização dos cálculos para que podemos maximizar a quantidade de dados disponível.

Uma vez definido os métodos de cálculo de VaR, bem como o período para a realização do Backtesting, iremos então efetuar os cálculos necessários para se obter os dois VaR's para cada carteira de fechamento de todos os dias que compreendem este período, e por fim será feito o Backtesting, que nada mais é do que a comparação destes VaR's obtidos com o resultado real apresentado pelas carteiras.

3.1 Escolha do Método

Como já mencionado algumas vezes, um dos VaR's não irá considerar o Vega Risk e o outro sim. Tendo isto em mente, a escolha do método de cálculo para o VaR que não considera o Vega Risk foi o método Delta-Normal. Isso se deve principalmente ao fato do Dólar apresentar uma curva de distribuição de retorno muito próxima a uma normal, principal hipótese assumida por este método de cálculo. Segue abaixo a distribuição dos retornos do Dólar entre os dias 05 de Agosto de 2003 e 31 de Julho de 2008, que resultou em mais de 1300 observações.

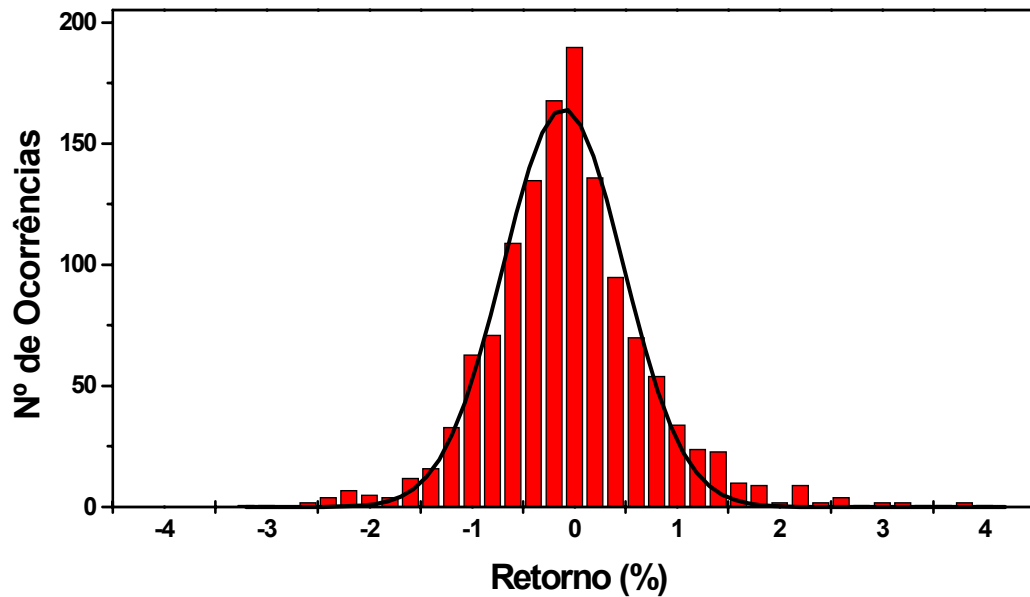


Figura 3.1: Retorno do Dólar

Como se pode notar, a curva de retorno do dólar se aproxima muito de uma normal, justificando a escolha do método Delta-Normal.

Vamos agora explicar o por quê de não termos escolhido os outros dois modelos. O VaR histórico não foi escolhido pelo fato de muitas das opções presentes nas carteiras não apresentarem séries históricas longas, o que restringiria em muito o prazo adotado, o que não é adequado para a utilização deste método. Já o método Monte Carlo não foi escolhido pelo fato de ser relativamente complexa e trabalhosa a sua implementação. Outro motivo para não termos escolhido o método Monte Carlo, deve-se ao fato deste já considerar o Vega Risk. Já o Delta Normal foi escolhido pela sua fácil implementação e pelo fato do Dólar apresentar uma distribuição de retorno muito próxima a uma normal.

Uma vez definido o método de cálculo do VaR, vejamos agora como que se dá sua implementação.

3.2 Cálculo do VaR pelo método Delta-Normal

Esta seção tem o objetivo de detalhar o cálculo do VaR pelo método Delta-Normal. Como já mencionado anteriormente, o cálculo do Var Delta-Normal é relativamente simples. O VaR com um intervalo de confiança de 95% é obtido através da seguinte multiplicação:

$$\text{VaR}_{1D} = \text{Financeiro} \times \text{Volatilidade}_{1D} \times 1,65$$

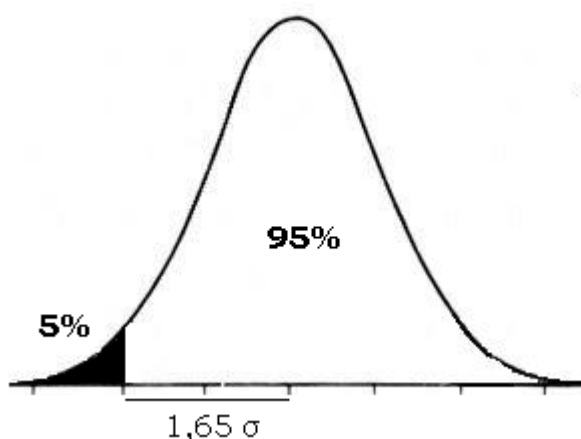
Onde;

VaR_{1D} : VaR de um dia.

Financeiro: Valor em R\$ da posição assumida.

Volatilidade_{1D} : Volatilidade (Desvio Padrão) diária do Dólar

O fator 1,65 deve-se ao fato de estarmos interessados nas 5% piores perdas, e como estamos assumindo que o dólar possui uma curva de distribuição de retorno normal, ao consultamos a tabela normal (em anexo) veremos que se deve multiplicar por este fator para se chegar aos 5% piores resultados.



O termo “financeiro” é definido como o valor em Reais da posição assumida; como o contrato padrão de Dólar futuro negociado na BM&F tem um valor base de U\$50.000,00, desta forma para se obter o valor em R\$ da posição assumida basta realizar a seguinte multiplicação:

$$\text{Financeiro} = \text{Delta} \times 50.000 \times \text{Cotação do Dólar}$$

Onde;

Delta: Delta da carteira

Cotação do Dólar: Valor do Contrato em R\$/US\$

Deve-se multiplicar pelo Delta, pois como já visto anteriormente, esta grega representa o número de contratos equivalente do ativo base da posição assumida no mercado de opções. Vale ressaltar que os valores da cotação do Dólar, bem como sua volatilidade, foram obtidos através do banco de dados da empresa; a título de curiosidade seguem em anexo os dados utilizados.

3.3 Incorporação do Vega Risk no cálculo do VaR

Uma vez que o objetivo deste trabalho é análise da importância do Vega Risk através da comparação de dois VaR's distintos, e sendo que já foi definido o método de cálculo do VaR que não considera as variações da volatilidade implícita, vamos agora definir a escolha de um método que considera tal fator de risco.

O método escolhido foi o proposto por Allan M. Malz (2000/2001), onde através de um pequeno estudo ele propôs um método de se incorporar o Vega Risk no cálculo do VaR fazendo analogia ao método Delta-Normal.

Sendo assim, esta seção tem por finalidade apresentar tal estudo. O método mais simples de se levar em conta o Vega Risk no cálculo do VaR é considerando a volatilidade implícita como um outro risco de mercado. Para isso assumiremos que a volatilidade implícita possui uma curva de retorno normalmente distribuída com média zero e um desvio padrão de $\nu_{\text{vol}} \sqrt{T}$, onde ν_{vol} é o desvio padrão da volatilidade implícita, ou “vol-da-vol”, com T sendo o prazo do VaR em dias; como o horizonte do VaR tratado neste trabalho será diário, o valor de \sqrt{T} será 1.

Caso o único risco de mercado para uma opção fosse o Vega, o VaR da carteira contendo uma única opção por analogia ao VaR Delta-Normal seria:

$$VaR_{1D} = \mathbf{\kappa} \times 1,65 \times \partial \times \mathcal{U}_{vol}$$

onde;

$\mathbf{\kappa}$ = Vega da opção em R\$;

1,65 = Número referente a um intervalo de confiança de 95%;

∂ = Volatilidade implícita da opção;

\mathcal{U}_{vol} = Desvio padrão diário da volatilidade implícita;

Pode-se notar que esta fórmula é muito parecida com a do método Delta-Normal, onde no lugar de “Financeiro” temos o Vega da carteira, no lugar da cotação do ativo base temos o Volatilidade Implícita da opção e no lugar do desvio padrão do dólar temos a “vol-da-vol”.

Porém sabemos que uma opção está exposta a outros riscos de mercado, tal como o relacionado ao movimento do ativo base; dessa forma levando em conta esse risco e o Vega Risk chegamos à seguinte fórmula que expressa o VaR de uma carteira caso esta tivesse apenas uma opção:

$$VaR = 1,65 * \sqrt{\begin{bmatrix} \delta S \nu_{spot} 50000 & \kappa \sigma \nu_{vol} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{spot,vol} \\ \rho_{spot,vol} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta S \nu_{spot} 50000 \\ \kappa \sigma \nu_{vol} \end{bmatrix}}$$

onde;

$\mathbf{\kappa}$ = Vega em \$;

δ = Delta da carteira;

ρ = correlação do Dólar spot com a volatilidade implícita;

σ = volatilidade implícita;

S = Cotação corrente do ativo base;

\mathcal{U}_{vol} = Desvio padrão diário da volatilidade implícita;

ν_{spot} : Volatilidade (Desvio Padrão) diária do Dólar

A fórmula apresentada, como dito anteriormente, se aplica para apenas uma opção, mais adiante veremos em maiores detalhes como utilizar esta fórmula para uma carteira com várias opções de diferentes vencimentos.

3.4 Carteiras e Período para Backtesting

Uma vez que os dois métodos de cálculo de VaR já foram definidos, vamos agora especificar o período para a realização do Backtesting. Sendo assim esta seção tem como objetivo a apresentação das carteiras utilizadas na realização desta obra; como o período de realização do Backtesting compreende os dias úteis entre 01/04/2008 e 17/10/2008, isso resultou em 140 observações, ou seja, serão analisadas 140 carteiras, desta forma seria impossível detalhar cada carteira com seus respectivos ativos e quantidades; portando a melhor forma encontrada para a apresentação das carteiras foi uma tabela onde suas gregas serão detalhadas. Segue a tabela abaixo:

Data	Delta	Gamma	Vega	Data	Delta	Gamma	Vega	Data	Delta	Gamma	Vega
01-Apr-08	-247.47	14.61	\$ 1,380,385.39	11-Jun-08	14.00	-8.43	\$ 504,960.57	15-Aug-08	60.61	10.79	\$ 224,346.16
02-Apr-08	-105.07	29.30	\$ 1,402,356.89	12-Jun-08	13.70	-16.67	\$ 444,303.86	18-Aug-08	-32.12	11.01	\$ 265,322.87
03-Apr-08	-275.33	68.05	\$ 1,326,568.98	13-Jun-08	30.51	-14.81	\$ 474,823.33	19-Aug-08	23.98	-0.45	\$ 145,190.41
04-Apr-08	-216.78	0.87	\$ 1,246,741.86	16-Jun-08	-45.50	-24.75	\$ 402,292.62	20-Aug-08	69.42	-13.15	\$ 142,685.64
07-Apr-08	-137.95	55.83	\$ 1,222,366.69	17-Jun-08	-61.59	-31.61	\$ 313,417.40	21-Aug-08	56.49	-37.28	\$ 75,828.82
08-Apr-08	-29.12	701.37	\$ 1,125,659.65	18-Jun-08	-37.44	-32.13	\$ 268,811.03	22-Aug-08	113.61	7.01	\$ 249,794.18
09-Apr-08	0.83	-13.22	\$ 1,054,357.75	19-Jun-08	-270.80	-42.34	\$ 13,628.36	25-Aug-08	33.93	8.50	\$ 301,481.04
10-Apr-08	27.81	-8.01	\$ 1,065,976.48	20-Jun-08	-87.04	-41.99	\$ 197,372.94	26-Aug-08	45.69	5.47	\$ 158,727.56
11-Apr-08	-5.04	-6.97	\$ 1,127,489.67	23-Jun-08	-212.12	-44.81	\$ 306,886.03	27-Aug-08	55.32	-20.42	\$ 103,405.41
14-Apr-08	-76.42	-8.94	\$ 1,152,964.39	24-Jun-08	-133.34	-56.02	\$ 244,874.10	28-Aug-08	-28.13	6.42	\$ 151,796.62
15-Apr-08	55.11	-12.58	\$ 1,028,199.06	25-Jun-08	-309.27	-55.19	\$ 103,385.11	29-Aug-08	-11.05	7.82	\$ 145,547.62
16-Apr-08	-33.13	21.48	\$ 1,018,537.00	26-Jun-08	317.62	-63.23	\$ 477,409.08	01-Sep-08	-54.29	12.01	\$ 228,974.69
17-Apr-08	-126.33	-8.30	\$ 901,740.08	27-Jun-08	-231.36	-69.78	\$ 463,443.12	02-Sep-08	111.61	12.49	\$ 255,198.14
18-Apr-08	-81.41	-12.66	\$ 920,323.67	30-Jun-08	-48.57	5.55	\$ 513,251.07	03-Sep-08	-30.49	14.16	\$ 257,785.56
22-Apr-08	-6.55	-11.56	\$ 762,905.09	01-Jul-08	-212.22	3.74	\$ 406,908.40	04-Sep-08	81.46	-1.22	\$ 76,124.74
23-Apr-08	38.68	-14.39	\$ 634,169.57	02-Jul-08	119.24	4.42	\$ 439,840.24	05-Sep-08	-27.96	1.11	\$ 119,806.48
24-Apr-08	-74.75	-29.77	\$ 607,413.48	03-Jul-08	13.13	1.36	\$ 197,256.67	08-Sep-08	8.07	-1.59	\$ 2,269.21
25-Apr-08	-72.12	-22.86	\$ 680,082.66	04-Jul-08	-96.56	-3.36	\$ 78,283.82	09-Sep-08	78.40	-4.52	\$ 88,721.91
28-Apr-08	57.34	-19.33	\$ 748,853.21	07-Jul-08	-115.65	10.43	\$ 268,228.90	10-Sep-08	-10.09	-4.12	\$ 102,338.66
29-Apr-08	-203.59	13.80	\$ 779,984.78	08-Jul-08	1.06	-9.32	\$ 54,282.07	11-Sep-08	-5.86	-4.50	\$ 115,955.42
30-Apr-08	-272.37	8.12	\$ 712,767.96	09-Jul-08	48.97	-2.98	\$ 54,282.00	12-Sep-08	106.83	-7.65	\$ -129.42
02-May-08	-173.32	1.08	\$ 662,502.93	10-Jul-08	-42.89	-9.73	\$ -55,822.55	15-Sep-08	75.11	-6.14	\$ 99,457.70
05-May-08	-258.72	6.18	\$ 792,195.05	11-Jul-08	-85.09	-12.74	\$ -82,415.19	16-Sep-08	48.27	-1.78	\$ 425,922.20
06-May-08	-83.08	5.36	\$ 758,899.50	14-Jul-08	-12.26	-18.99	\$ -200,825.04	17-Sep-08	53.52	-1.17	\$ 383,183.38
07-May-08	-22.46	11.51	\$ 857,375.87	15-Jul-08	9.86	-24.71	\$ -284,426.06	18-Sep-08	77.46	0.87	\$ 249,702.08
08-May-08	-23.15	13.23	\$ 839,443.80	16-Jul-08	-94.37	-16.46	\$ -177,699.91	19-Sep-08	43.42	-5.02	\$ 466,932.69
09-May-08	-73.37	8.77	\$ 780,539.24	17-Jul-08	-5.50	-18.53	\$ -177,823.58	22-Sep-08	-153.77	-7.05	\$ 446,522.50
12-May-08	-121.18	-6.26	\$ 764,521.78	18-Jul-08	115.75	-29.26	\$ -376,531.96	23-Sep-08	31.47	-6.29	\$ 446,327.47
13-May-08	-134.94	3.18	\$ 713,266.59	21-Jul-08	9.85	-33.60	\$ -336,657.70	24-Sep-08	26.12	-6.95	\$ 397,260.15
14-May-08	-23.12	-1.73	\$ 635,141.12	22-Jul-08	54.45	-46.19	\$ -408,934.26	25-Sep-08	45.61	-8.13	\$ 395,728.17
15-May-08	26.28	-14.33	\$ 542,870.92	23-Jul-08	-5.01	-36.85	\$ -332,866.04	26-Sep-08	166.88	-9.92	\$ 371,691.97
16-May-08	-113.14	-31.34	\$ 236,710.48	24-Jul-08	39.74	-33.59	\$ -339,474.01	29-Sep-08	96.21	-1.09	\$ 162,588.88
19-May-08	34.24	-18.61	\$ 357,490.56	25-Jul-08	-15.61	-41.54	\$ -319,242.40	30-Sep-08	79.16	2.90	\$ 277,870.56
20-May-08	-73.31	-17.18	\$ 363,547.34	28-Jul-08	-28.75	-39.21	\$ -270,043.50	01-Oct-08	49.04	2.58	\$ 223,496.27
21-May-08	-197.57	-15.44	\$ 428,618.14	29-Jul-08	-42.38	-44.09	\$ -285,128.20	02-Oct-08	-35.42	0.13	\$ 187,747.44
23-May-08	-120.81	-19.86	\$ 448,059.39	30-Jul-08	-130.79	-21.94	\$ -339,827.47	03-Oct-08	33.27	0.06	\$ 153,150.26
26-May-08	-15.97	-15.01	\$ 404,237.08	31-Jul-08	-225.65	-12.81	\$ -258,165.00	06-Oct-08	-115.73	0.76	\$ 195,697.12
27-May-08	67.04	-17.13	\$ 432,143.99	01-Aug-08	-29.42	-32.73	\$ -261,828.11	07-Oct-08	-4.56	-0.14	\$ 30,981.62
28-May-08	-432.26	6.27	\$ 506,370.78	04-Aug-08	-23.35	-23.60	\$ -224,763.23	08-Oct-08	83.41	-0.24	\$ 68,331.15
29-May-08	-236.15	-24.84	\$ 323,958.76	05-Aug-08	48.88	-27.49	\$ -112,665.88	09-Oct-08	35.91	-0.97	\$ -164,543.54
30-May-08	36.85	-8.14	\$ 160,100.63	06-Aug-08	46.03	-25.17	\$ -69,206.15	10-Oct-08	8.34	0.15	\$ 44,778.77
03-Jun-08	-208.00	-13.55	\$ 174,992.57	07-Aug-08	181.90	-13.93	\$ 21,394.37	13-Oct-08	-57.67	0.47	\$ 144,232.00
04-Jun-08	-23.00	-14.60	\$ 154,181.61	08-Aug-08	-3.87	-17.03	\$ 132,280.19	14-Oct-08	113.15	-0.30	\$ 66,510.56
05-Jun-08	-9.00	-9.44	\$ 20,822.00	11-Aug-08	63.03	-9.70	\$ 344,459.10	15-Oct-08	106.40	-0.10	\$ -7,812.81
06-Jun-08	64.00	4.18	\$ 413,610.23	12-Aug-08	26.12	-7.11	\$ 335,637.93	16-Oct-08	28.18	0.35	\$ 34,654.44
09-Jun-08	39.00	-1.88	\$ 600,349.84	13-Aug-08	28.84	-16.20	\$ 302,563.17	17-Oct-08	65.36	0.07	\$ 12,576.40
10-Jun-08	12.00	-5.25	\$ 522,018.28	14-Aug-08	6.32	-3.58	\$ 137,985.17				

Tabela 3.1: Carteiras Utilizadas

Como se pôde notar, na tabela não foram apresentadas as gregas Teta e Rhô. Como dito anteriormente, o impacto do Rhô é significativamente inferior ao das outras gregas, portanto pode-se desprezar o impacto desta grega no Backtesting. Já o Teta não é apresentado pelo fato de ser uma quantia previamente definida no dia anterior, dessa forma seu impacto não variará no transcorrer do dia, sendo assim não impactará no cálculo do VaR.

4 RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados, que nada mais são do que os VaR's obtidos por métodos diferentes de cálculo. Como se tratam de muitas carteiras iremos fazer através de duas tabelas: na primeira iremos detalhar algumas das variáveis utilizadas no cálculo, como a cotação do Dólar e sua volatilidade; na segunda tabela iremos apresentar os resultados em si, ou seja, os dois VaR, além do resultado real apresentado pela carteira no seus respectivos dias. Segue a primeira tabela abaixo:

Data	Delta	Vega	R\$US\$Vol.	Anual Dólar Vol.	Diária Dólar	Data	Delta	Vega	R\$US\$Vol.	Anual Dólar Vol.	Diária Dólar	Data	Delta	Vega	R\$US\$Vol.	Anual Dólar Vol.	Diária Dólar
01-Apr-08	-247.47	\$ 1,380,385.39	174	13.78%	0.88%	11-Jun-08	14.62	\$ 594,360.57	164	10.67%	0.67%	15-Aug-08	60.61	\$ 224,346.16	164	9.17%	0.58%
02-Apr-08	-105.07	\$ 1,402,356.89	173	13.80%	0.87%	12-Jun-08	13.70	\$ 444,303.86	163	10.40%	0.66%	16-Aug-08	-32.12	\$ 265,322.87	164	8.90%	0.56%
03-Apr-08	-275.33	\$ 1,326,568.98	172	13.57%	0.85%	13-Jun-08	30.51	\$ 474,823.33	164	10.19%	0.64%	19-Aug-08	23.98	\$ 145,190.41	162	9.38%	0.53%
04-Apr-08	-216.78	\$ 1,246,741.86	171	13.25%	0.83%	16-Jun-08	-45.50	\$ 402,292.62	162	9.88%	0.62%	20-Aug-08	69.42	\$ 142,685.64	162	9.16%	0.58%
07-Apr-08	-137.95	\$ 1,222,366.69	170	12.91%	0.81%	17-Jun-08	-61.59	\$ 313,417.40	161	9.90%	0.62%	21-Aug-08	56.49	\$ 75,828.82	161	9.15%	0.58%
08-Apr-08	-29.12	\$ 1,125,659.65	169	12.72%	0.80%	18-Jun-08	-37.44	\$ 268,811.03	161	10.41%	0.66%	22-Aug-08	113.61	\$ 249,794.18	163	9.82%	0.62%
09-Apr-08	0.83	\$ 1,054,357.75	169	12.39%	0.78%	19-Jun-08	-270.80	\$ 176,225.79	160	10.10%	0.64%	25-Aug-08	33.93	\$ 301,481.04	163	9.57%	0.60%
10-Apr-08	27.81	\$ 1,065,976.48	168	12.05%	0.76%	20-Jun-08	-87.04	\$ 197,372.94	161	9.82%	0.62%	26-Aug-08	45.69	\$ 158,727.56	163	9.30%	0.59%
11-Apr-08	-5.04	\$ 1,127,489.67	169	11.77%	0.74%	23-Jun-08	-212.12	\$ 306,886.03	161	9.54%	0.60%	27-Aug-08	55.32	\$ 103,405.41	162	9.16%	0.58%
14-Apr-08	-76.42	\$ 1,152,964.39	169	11.44%	0.72%	24-Jun-08	-133.34	\$ 244,874.10	160	9.35%	0.59%	28-Aug-08	-28.13	\$ 151,796.62	163	9.21%	0.58%
15-Apr-08	55.11	\$ 1,028,199.06	168	11.12%	0.70%	25-Jun-08	-309.27	\$ 103,385.11	159	9.29%	0.59%	29-Aug-08	-11.05	\$ 145,547.62	163	8.93%	0.56%
16-Apr-08	-33.13	\$ 1,018,537.00	166	11.78%	0.74%	26-Jun-08	317.62	\$ 477,409.08	160	9.39%	0.59%	01-Sep-08	-54.29	\$ 228,974.69	165	9.62%	0.61%
17-Apr-08	-126.33	\$ 901,740.08	166	11.46%	0.72%	27-Jun-08	-231.36	\$ 463,443.12	159	9.58%	0.60%	02-Sep-08	111.61	\$ 255,198.14	166	9.58%	0.60%
18-Apr-08	-81.41	\$ 920,323.67	167	11.11%	0.70%	30-Jun-08	-48.57	\$ 513,251.07	160	9.59%	0.60%	03-Sep-08	-30.49	\$ 257,785.56	168	10.17%	0.64%
22-Apr-08	-6.55	\$ 782,905.09	166	10.81%	0.68%	01-Jul-08	-212.22	\$ 406,908.40	160	9.57%	0.60%	04-Sep-08	81.46	\$ 76,124.74	172	13.35%	0.84%
23-Apr-08	38.68	\$ 634,169.57	166	10.49%	0.66%	02-Jul-08	119.24	\$ 439,840.24	161	9.38%	0.59%	05-Sep-08	-27.96	\$ 119,806.48	172	12.94%	0.82%
24-Apr-08	-74.75	\$ 607,413.48	167	10.53%	0.66%	03-Jul-08	13.13	\$ 197,256.67	161	9.43%	0.59%	08-Sep-08	8.07	\$ 2,269.21	174	13.30%	0.84%
25-Apr-08	-72.12	\$ 680,082.66	167	10.24%	0.64%	04-Jul-08	-96.56	\$ 78,283.82	161	9.22%	0.58%	09-Sep-08	78.40	\$ 88,721.91	178	15.67%	0.93%
28-Apr-08	57.34	\$ 748,853.21	169	11.07%	0.70%	07-Jul-08	-115.65	\$ 268,228.90	160	9.07%	0.57%	10-Sep-08	-10.09	\$ 102,338.66	179	15.36%	0.97%
29-Apr-08	-203.59	\$ 773,984.78	170	11.31%	0.71%	08-Jul-08	1.06	\$ 54,282.07	161	8.89%	0.56%	11-Sep-08	-5.86	\$ 115,955.42	181	15.76%	0.93%
30-Apr-08	-272.37	\$ 712,787.96	166	13.87%	0.87%	09-Jul-08	49.97	\$ 54,282.00	161	8.97%	0.56%	12-Sep-08	106.83	\$ -129.42	178	16.61%	1.05%
02-May-08	-173.32	\$ 662,502.93	165	13.75%	0.87%	10-Jul-08	-42.89	\$ -55,822.95	161	8.71%	0.55%	15-Sep-08	75.11	\$ 99,457.70	181	17.63%	1.11%
05-May-08	-258.72	\$ 792,195.05	166	13.46%	0.85%	11-Jul-08	-65.09	\$ -82,415.19	160	8.31%	0.52%	16-Sep-08	49.27	\$ 425,922.20	181	17.15%	1.08%
06-May-08	-83.08	\$ 758,899.50	166	13.06%	0.82%	14-Jul-08	-12.26	\$ -200,825.04	159	8.16%	0.52%	17-Sep-08	53.52	\$ 383,183.38	189	23.73%	1.49%
07-May-08	-22.46	\$ 957,375.67	169	14.33%	0.90%	15-Jul-08	9.86	\$ -294,436.06	159	7.94%	0.50%	18-Sep-08	77.46	\$ 249,702.08	190	23.05%	1.45%
08-May-08	-23.15	\$ 839,443.80	169	13.91%	0.88%	16-Jul-08	-94.37	\$ -177,699.91	160	7.74%	0.49%	19-Sep-08	43.42	\$ 466,932.69	183	25.99%	1.64%
09-May-08	-73.37	\$ 780,539.24	169	13.60%	0.86%	17-Jul-08	-5.50	\$ -177,823.58	160	7.52%	0.47%	22-Sep-08	-153.77	\$ 446,522.50	180	25.78%	1.62%
12-May-08	-121.18	\$ 764,521.78	168	13.96%	0.88%	18-Jul-08	115.75	\$ -376,531.96	159	7.59%	0.48%	23-Sep-08	31.47	\$ 446,327.47	185	26.59%	1.67%
13-May-08	-134.94	\$ 713,286.59	168	13.69%	0.86%	21-Jul-08	9.85	\$ -336,657.70	158	7.59%	0.48%	24-Sep-08	26.12	\$ 397,260.15	186	25.99%	1.63%
14-May-08	-23.12	\$ 635,111.12	166	13.37%	0.84%	22-Jul-08	54.45	\$ -409,334.26	158	7.37%	0.46%	25-Sep-08	45.61	\$ 395,728.17	182	26.34%	1.68%
15-May-08	26.28	\$ 542,870.32	165	13.11%	0.83%	23-Jul-08	-8.01	\$ -332,866.04	158	7.22%	0.46%	26-Sep-08	166.88	\$ 371,691.97	184	26.01%	1.64%
16-May-08	-113.14	\$ 236,710.48	164	13.07%	0.82%	24-Jul-08	39.74	\$ -339,474.01	158	7.12%	0.45%	29-Sep-08	96.21	\$ 162,588.88	196	35.02%	2.21%
19-May-08	34.24	\$ 357,490.56	165	12.80%	0.81%	25-Jul-08	-15.61	\$ -319,242.40	157	7.02%	0.44%	30-Sep-08	79.16	\$ 277,870.56	190	35.78%	2.25%
20-May-08	-73.31	\$ 363,547.34	165	12.41%	0.78%	28-Jul-08	-28.75	\$ -270,043.50	158	6.84%	0.43%	01-Oct-08	49.04	\$ 223,496.27	192	34.79%	2.19%
21-May-08	-197.57	\$ 428,618.14	166	12.18%	0.77%	29-Jul-08	-42.38	\$ -285,128.20	157	6.84%	0.43%	02-Oct-08	-35.42	\$ 187,747.44	202	39.34%	2.48%
23-May-08	-120.81	\$ 448,059.39	166	11.82%	0.74%	30-Jul-08	-130.79	\$ -339,827.47	156	6.82%	0.43%	03-Oct-08	33.27	\$ 153,150.26	204	38.39%	2.42%
26-May-08	-15.97	\$ 404,237.08	166	11.46%	0.72%	31-Jul-08	-225.65	\$ -258,165.00	157	6.66%	0.42%	06-Oct-08	-115.73	\$ 195,697.12	218	44.78%	2.82%
27-May-08	67.04	\$ 432,143.99	167	11.11%	0.70%	01-Aug-08	-29.42	\$ -261,828.11	156	6.58%	0.41%	07-Oct-08	-4.56	\$ 30,981.62	231	49.06%	3.09%
28-May-08	-432.26	\$ 506,370.78	165	11.10%	0.70%	04-Aug-08	-23.35	\$ -224,763.23	156	6.40%	0.40%	08-Oct-08	83.41	\$ 68,331.5	233	47.71%	3.01%
29-May-08	-236.15	\$ 323,958.76	164	11.34%	0.71%	05-Aug-08	49.88	\$ -112,665.88	157	6.91%	0.44%	09-Oct-08	35.91	\$ -164,543.54	228	47.00%	2.96%
30-May-08	36.85	\$ 160,100.63	163	11.71%	0.74%	06-Aug-08	46.03	\$ -69,206.15	158	6.73%	0.42%	10-Oct-08	8.34	\$ 44,778.77	231	45.85%	2.89%
03-Jun-08	-208.00	\$ 174,992.57	163	11.28%	0.71%	07-Aug-08	181.90	\$ 21,394.37	160	8.03%	0.51%	13-Oct-08	-57.67	\$ 144,232.00	214	43.12%	2.72%
04-Jun-08	-23.00	\$ 154,181.61	163	10.95%	0.69%	08-Aug-08	-3.87	\$ 132,280.19	161	8.25%	0.52%	14-Oct-08	113.15	\$ 66,510.56	210	41.90%	2.64%
05-Jun-08	-8.00	\$ 20,822.00	163	10.62%	0.67%	11-Aug-08	63.03	\$ 344,459.10	162	8.73%	0.55%	15-Oct-08	106.40	\$ -7,812.91	223	44.05%	2.77%
06-Jun-08	64.00	\$ 413,810.23	163	10.31%	0.65%	12-Aug-08	26.12	\$ 335,637.93	162	8.47%	0.53%	16-Oct-08	28.18	\$ 34,854.44	213	43.82%	2.76%
09-Jun-08	39.23	\$ 600,349.84	163	10.15%	0.64%	13-Aug-08	28.84	\$ 302,563.17	161	8.60%	0.54%	17-Oct-08	65.38	\$ 12,576.40	212	43.40%	2.73%
10-Jun-08	23.56	\$ 522,018.28	165	10.00%	0.63%	14-Aug-08	6.32	\$ 137,895.17	162	8.81%	0.55%						

Tabela 4.1: Variáveis para o cálculo dos VaR's

Os dados como a cotação do Dólar e sua volatilidade anual, como já mencionado, foram obtidos através do banco de dados da empresa. Neste banco de dados temos calculado as volatilidades anuais do Dólar, para se obter a volatilidade diária basta dividir a volatilidade

anual por $\sqrt{252}$. Agora segue abaixo a segunda tabela com o resultado dos cálculos para os dois VaR's bem como o resultado real apresentado pela carteira.

Data	VaR Delta	VaR Vega	Resultado	Data	VaR Delta	VaR Vega	Resultado	Data	VaR Delta	VaR Vega	Resultado
01-Apr-08	\$ 307,477.91	\$ 658,283.38	\$ 268,659.63	11-Jun-08	\$ 12,742.02	\$ 229,817.47	\$ -35,673.50	15-Aug-08	\$ 47,311.32	\$ 69,321.93	\$ 58,254.08
02-Apr-08	\$ 130,222.94	\$ 587,437.97	\$ -78,963.56	12-Jun-08	\$ 12,101.11	\$ 235,653.23	\$ 110,936.59	18-Aug-08	\$ 24,348.25	\$ 89,785.13	\$ -29,869.30
03-Apr-08	\$ 333,271.48	\$ 549,296.24	\$ 153,263.65	13-Jun-08	\$ 26,423.05	\$ 161,562.80	\$ 125,855.97	19-Aug-08	\$ 18,974.41	\$ 64,407.95	\$ 199,274.56
04-Apr-08	\$ 255,269.08	\$ 557,344.65	\$ 34,562.36	16-Jun-08	\$ 37,969.63	\$ 156,398.48	\$ -78,200.24	20-Aug-08	\$ 53,487.96	\$ 69,737.36	\$ -151,911.30
07-Apr-08	\$ 157,681.04	\$ 507,274.76	\$ -120,365.69	17-Jun-08	\$ 50,937.41	\$ 173,582.21	\$ 107,483.17	21-Aug-08	\$ 43,235.40	\$ 67,988.36	\$ 45,442.45
08-Apr-08	\$ 32,615.12	\$ 514,304.21	\$ -441,439.27	18-Jun-08	\$ 32,543.11	\$ 181,065.02	\$ 224,451.71	22-Aug-08	\$ 94,380.14	\$ 94,858.05	\$ -72,190.55
09-Apr-08	\$ 901.69	\$ 382,953.58	\$ 409,695.50	19-Jun-08	\$ 227,828.31	\$ 212,084.11	\$ 742,007.41	25-Aug-08	\$ 27,542.89	\$ 75,148.32	\$ 71,909.90
10-Apr-08	\$ 29,331.20	\$ 381,686.29	\$ 7,401.31	20-Jun-08	\$ 71,326.71	\$ 350,259.19	\$ -18,210.23	26-Aug-08	\$ 35,965.31	\$ 73,119.92	\$ 166,953.98
11-Apr-08	\$ 5,209.67	\$ 394,149.71	\$ 213,622.43	23-Jun-08	\$ 169,494.02	\$ 221,675.08	\$ 4,559.82	27-Aug-08	\$ 42,690.99	\$ 69,437.92	\$ -199,265.39
14-Apr-08	\$ 76,619.22	\$ 417,658.97	\$ 5,076.88	24-Jun-08	\$ 103,853.10	\$ 313,068.35	\$ 49,666.05	28-Aug-08	\$ 21,971.81	\$ 59,177.06	\$ 54,284.95
15-Apr-08	\$ 53,597.87	\$ 366,849.00	\$ 46,034.47	25-Jun-08	\$ 237,608.69	\$ 246,388.27	\$ 9,329.85	29-Aug-08	\$ 8,366.68	\$ 52,503.16	\$ 86,191.98
16-Apr-08	\$ 33,700.01	\$ 372,225.58	\$ 150,349.15	26-Jun-08	\$ 248,615.85	\$ 334,016.90	\$ -199,082.59	01-Sep-08	\$ 44,790.17	\$ 161,473.97	\$ 143,785.84
17-Apr-08	\$ 124,689.40	\$ 372,991.55	\$ 219,609.75	27-Jun-08	\$ 183,611.61	\$ 272,515.46	\$ -279,783.81	02-Sep-08	\$ 92,194.29	\$ 172,633.52	\$ 236,683.14
18-Apr-08	\$ 78,453.51	\$ 355,583.12	\$ 200,327.45	30-Jun-08	\$ 38,804.68	\$ 325,507.57	\$ 233,969.24	03-Sep-08	\$ 27,045.45	\$ 150,068.73	\$ -44,230.42
22-Apr-08	\$ 6,109.51	\$ 272,337.36	\$ -242,912.50	01-Jul-08	\$ 168,706.46	\$ 225,051.27	\$ -125,474.56	04-Sep-08	\$ 97,032.18	\$ 120,776.96	\$ 23,528.49
23-Apr-08	\$ 34,959.07	\$ 205,761.64	\$ 132,063.14	02-Jul-08	\$ 93,468.84	\$ 269,137.72	\$ -200,213.22	05-Sep-08	\$ 32,274.31	\$ 149,679.66	\$ -143,652.45
24-Apr-08	\$ 68,334.10	\$ 225,199.89	\$ -66,963.78	03-Jul-08	\$ 10,383.07	\$ 161,245.49	\$ 59,391.22	08-Sep-08	\$ 9,681.69	\$ 70,577.48	\$ -41,043.52
25-Apr-08	\$ 63,960.10	\$ 241,676.99	\$ 94,087.94	04-Jul-08	\$ 74,342.49	\$ 101,003.06	\$ -228,295.94	09-Sep-08	\$ 113,432.67	\$ 115,878.00	\$ -158,341.56
28-Apr-08	\$ 55,713.65	\$ 217,821.18	\$ -182,844.52	07-Jul-08	\$ 87,340.92	\$ 125,428.32	\$ 25,887.57	10-Sep-08	\$ 14,405.48	\$ 88,306.09	\$ 26,947.13
29-Apr-08	\$ 204,035.37	\$ 359,550.88	\$ 175,830.72	08-Jul-08	\$ 787.53	\$ 127,390.06	\$ 52,548.56	11-Sep-08	\$ 8,702.24	\$ 126,429.76	\$ -242,985.23
30-Apr-08	\$ 326,436.57	\$ 437,391.58	\$ 19,503.52	09-Jul-08	\$ 36,724.58	\$ 115,281.49	\$ 15,623.65	12-Sep-08	\$ 164,265.07	\$ 275,286.56	\$ 150,422.38
02-May-08	\$ 204,389.84	\$ 343,137.27	\$ 496,049.26	10-Jul-08	\$ 31,166.11	\$ 111,980.95	\$ 83,712.27	15-Sep-08	\$ 124,907.54	\$ 209,320.70	\$ -170,568.49
05-May-08	\$ 300,159.18	\$ 453,203.57	\$ -285,985.21	11-Jul-08	\$ 58,798.88	\$ 132,653.04	\$ 147,522.66	16-Sep-08	\$ 77,798.74	\$ 203,389.06	\$ -158,297.88
06-May-08	\$ 93,582.11	\$ 294,927.46	\$ -56,033.35	14-Jul-08	\$ 8,317.16	\$ 144,972.12	\$ 150,274.23	17-Sep-08	\$ 124,691.32	\$ 186,892.88	\$ -166,646.40
07-May-08	\$ 28,249.48	\$ 296,906.29	\$ -16,526.08	15-Jul-08	\$ 6,484.34	\$ 158,690.86	\$ 45,655.20	18-Sep-08	\$ 175,984.83	\$ 232,717.20	\$ 459,066.43
08-May-08	\$ 28,330.85	\$ 270,165.08	\$ 169,927.76	16-Jul-08	\$ 60,632.99	\$ 149,414.87	\$ 73,207.23	19-Sep-08	\$ 107,296.62	\$ 229,747.96	\$ -375,680.16
09-May-08	\$ 87,365.61	\$ 246,483.27	\$ -55,590.29	17-Jul-08	\$ 3,432.37	\$ 142,696.77	\$ 20,815.19	22-Sep-08	\$ 371,553.61	\$ 721,581.42	\$ 502,259.86
12-May-08	\$ 146,380.65	\$ 267,122.77	\$ 114,098.71	18-Jul-08	\$ 72,475.56	\$ 198,155.01	\$ 57,274.20	23-Sep-08	\$ 80,289.10	\$ 247,729.79	\$ 218,071.67
13-May-08	\$ 158,896.53	\$ 295,525.23	\$ 10.65	21-Jul-08	\$ 6,141.69	\$ 170,168.02	\$ 93,262.59	24-Sep-08	\$ 65,408.39	\$ 314,834.71	\$ 611,892.28
14-May-08	\$ 26,720.19	\$ 178,659.34	\$ 109,872.10	22-Jul-08	\$ 32,945.63	\$ 179,096.06	\$ 112,732.66	25-Sep-08	\$ 113,655.38	\$ 256,583.26	\$ 38,416.85
15-May-08	\$ 29,609.29	\$ 133,863.27	\$ -73,277.65	23-Jul-08	\$ 2,980.98	\$ 153,670.56	\$ 212,487.08	26-Sep-08	\$ 416,117.17	\$ 467,691.28	\$ -238,575.29
16-May-08	\$ 126,131.92	\$ 216,065.47	\$ -4,226.80	24-Jul-08	\$ 23,219.73	\$ 148,897.10	\$ -19,246.55	29-Sep-08	\$ 343,829.64	\$ 507,324.64	\$ 510,200.05
19-May-08	\$ 37,544.46	\$ 75,075.98	\$ 117,341.10	25-Jul-08	\$ 8,961.09	\$ 138,863.14	\$ 113,476.33	30-Sep-08	\$ 280,367.39	\$ 512,923.66	\$ -386,721.89
20-May-08	\$ 77,981.29	\$ 132,489.30	\$ 58,193.43	28-Jul-08	\$ 16,099.67	\$ 127,016.97	\$ -17,844.44	01-Oct-08	\$ 170,020.69	\$ 346,363.23	\$ 439,627.86
21-May-08	\$ 207,595.10	\$ 254,130.40	\$ 127,173.65	29-Jul-08	\$ 23,633.08	\$ 135,230.54	\$ 325,006.10	02-Oct-08	\$ 146,308.68	\$ 352,916.98	\$ -93,203.03
23-May-08	\$ 123,139.26	\$ 169,491.77	\$ 54,152.37	30-Jul-08	\$ 72,398.55	\$ 153,795.58	\$ -233,066.30	03-Oct-08	\$ 135,696.02	\$ 343,741.37	\$ -390,489.72
26-May-08	\$ 15,777.09	\$ 86,686.90	\$ 137,750.86	31-Jul-08	\$ 122,251.69	\$ 124,639.02	\$ 166,257.16	06-Oct-08	\$ 586,906.59	\$ 598,943.77	\$ 264,996.82
27-May-08	\$ 64,679.95	\$ 120,807.01	\$ 41,937.46	01-Aug-08	\$ 15,702.92	\$ 131,334.08	\$ 237,058.94	07-Oct-08	\$ 26,842.77	\$ 334,719.99	\$ 1,433,202.93
28-May-08	\$ 412,756.41	\$ 443,146.10	\$ 43,322.81	04-Aug-08	\$ 12,126.92	\$ 127,052.64	\$ 80,122.34	08-Oct-08	\$ 482,773.83	\$ 510,748.16	\$ -1,186,109.36
29-May-08	\$ 227,834.47	\$ 277,180.36	\$ -31,253.21	05-Aug-08	\$ 27,646.78	\$ 117,118.68	\$ -502.77	09-Oct-08	\$ 200,250.35	\$ 744,713.22	\$ -3,317,575.68
30-May-08	\$ 36,489.31	\$ 257,631.87	\$ 331,245.28	06-Aug-08	\$ 25,392.54	\$ 96,941.91	\$ 77,122.17	10-Oct-08	\$ 45,974.87	\$ 423,658.98	\$ -550,309.61
03-Jun-08	\$ 198,573.99	\$ 383,140.82	\$ 46,293.49	07-Aug-08	\$ 121,245.30	\$ 117,086.23	\$ 64,889.87	13-Oct-08	\$ 277,046.07	\$ 426,593.05	\$ -824,856.90
04-Jun-08	\$ 21,327.26	\$ 239,971.14	\$ 7,708.98	08-Aug-08	\$ 2,670.19	\$ 134,508.48	\$ -77,872.83	14-Oct-08	\$ 516,545.94	\$ 818,169.03	\$ -85,415.00
05-Jun-08	\$ 8,078.33	\$ 222,326.32	\$ 219,167.12	11-Aug-08	\$ 46,430.29	\$ 117,915.36	\$ -210,752.11	15-Oct-08	\$ 542,273.64	\$ 613,387.78	\$ -202,072.94
06-Jun-08	\$ 56,030.37	\$ 222,538.10	\$ -167,572.03	12-Aug-08	\$ 18,648.75	\$ 100,266.46	\$ 150,855.60	16-Oct-08	\$ 136,921.83	\$ 394,199.45	\$ 372,298.33
09-Jun-08	\$ 33,464.48	\$ 223,377.70	\$ -526.04	13-Aug-08	\$ 20,778.48	\$ 102,069.76	\$ -20,808.15	17-Oct-08	\$ 312,457.01	\$ 377,063.51	\$ -388,562.63
10-Jun-08	\$ 10,263.57	\$ 228,842.57	\$ 364,551.45	14-Aug-08	\$ 4,695.68	\$ 73,235.55	\$ -245,751.04				

Tabela 4.2: VaR's Calculados e Resultado

4.1 Exemplificação dos Cálculos

Para ajudar no entendimento dos cálculos feitos para se obter os VaR's, segue como exemplo os cálculos para o dia 30/04/2008. Porém, primeiramente devemos apresentar a carteira com seus ativos e respectivas quantidades. Segue abaixo a carteira:

Ativo	Strike	Vcto	QTD	MKT	Fcto	Vol	Delta	Gamma	Vega	Theta	P/L Total
DOLFM08	0	21	2690	1675.00	1718.86	0.00%	2690.00	0.00	0.00	0.00	(5,862,880.00)
DOLVM8DD	1600	21	(1000)	3.02	0.60	13.19%	94.37	(2.77)	(43675.80)	36294.95	(120,818.51)
DOLVM8DL	1625	21	(1200)	6.67	1.60	13.02%	228.41	(5.77)	(78627.37)	71297.59	(304,049.56)
DOLVM8DC	1650	21	(300)	13.46	3.70	13.03%	101.32	(2.05)	(25298.89)	24435.81	(146,376.12)
DOLVM8DK	1675	21	(200)	24.64	7.92	13.37%	106.46	(1.21)	(18423.94)	18263.56	(135,791.42)
DOLCM888	1700	21	(300)	15.82	34.76	14.22%	(86.67)	(1.66)	(26050.66)	25179.10	284,110.39
DOLVM8D8	1700	21	100	40.59	16.07	14.22%	(70.54)	0.55	8683.55	(8339.12)	122,605.16
DOLCM88F	1725	21	(300)	10.35	22.85	15.27%	(56.40)	(0.87)	(22375.94)	21328.16	187,498.59
DOLCM88B	1750	21	(100)	6.74	14.85	16.22%	(12.46)	(0.22)	(6040.53)	5677.20	40,557.64
DOLCM88G	1775	21	(300)	4.38	9.63	17.10%	(24.60)	(0.42)	(14103.77)	13146.75	78,805.23
DOLCM889	1800	21	(1700)	2.82	6.26	17.87%	(93.56)	(1.51)	(60226.39)	57164.34	292,456.56
DOLCM880	1850	21	(1500)	1.04	2.60	18.90%	(37.15)	(0.76)	(26646.81)	26707.87	117,097.25
DOLCM881	1900	21	(600)	0.31	0.93	19.35%	(5.40)	(0.15)	(4341.05)	4227.51	18,610.72
DOLCM882	1950	21	(100)	0.07	0.31	19.51%	(0.25)	(0.01)	(237.33)	207.50	1,204.28
DOLCM883	2000	21	(800)	0.01	0.09	19.55%	(0.45)	(0.02)	(511.12)	381.62	3,139.77
DOLFM08	0	42	(465)	1685.90	1731.84	0.00%	(465.00)	0.00	0.00	0.00	1,068,105.00
DOLCN888	1600	42	200	91.31	131.45	13.03%	168.13	0.50	16189.40	(1993.90)	(401,381.74)
DOLVN8D8	1600	42	1200	7.00	2.05	13.03%	(169.70)	2.99	97136.41	(14210.21)	296,653.65
DOLCN88G	1650	42	100	54.25	87.54	12.89%	65.47	0.46	12067.60	(1726.95)	(166,486.04)
DOLCN8DG	1650	42	200	19.01	7.22	12.89%	(65.26)	0.93	24135.21	(3610.41)	117,866.56
DOLCN889	1700	42	1700	28.92	51.95	13.33%	674.52	8.82	223309.50	(31865.76)	(1,958,027.40)
DOLVN8D9	1700	42	800	42.76	20.71	13.33%	(468.47)	4.15	105086.82	(14749.78)	881,988.42
DOLCN88H	1725	42	200	21.00	38.69	13.85%	56.66	0.79	24700.80	(3323.79)	(176,908.53)
DOLVN8DH	1725	42	(1000)	59.37	31.98	13.85%	699.16	(3.95)	(123503.99)	15766.71	(1,369,760.29)
DOLCN88F	1750	42	2150	15.43	28.53	14.50%	437.84	5.75	238838.16	(30745.05)	(1,407,970.55)
DOLCN884	1800	42	(830)	8.50	15.40	15.83%	(93.91)	(1.08)	(68789.67)	8978.28	286,032.11
DOLVN8D4	1800	42	2900	120.50	82.30	15.83%	(2517.47)	3.78	240349.45	(24157.55)	5,538,407.25
DOLCN88B	1850	42	(535)	4.60	8.43	16.91%	(35.42)	(0.41)	(30594.13)	4090.96	102,389.67
DOLVN8D8	1850	42	1700	165.67	124.40	16.91%	(1554.43)	1.30	97215.01	(6918.65)	3,507,275.41
DOLCN883	1900	42	(1100)	2.34	4.54	17.67%	(42.27)	(0.56)	(40143.85)	5540.55	120,926.20
DOLCN885	1950	42	200	1.08	2.22	18.12%	4.11	0.07	4244.76	(603.12)	(11,426.35)
DOLCN880	2000	42	(230)	0.45	1.07	18.36%	(2.25)	(0.04)	(2569.72)	368.67	7,101.17
DOLVQ8DC	1600	65	200	8.26	3.83	12.29%	(28.31)	0.46	20243.15	(1197.40)	44,271.48
DOLFM08	0	86	(150)	1714.00	1758.75	0.00%	(150.00)	0.00	0.00	0.00	335,618.06
DOLVU8D8	1600	86	(2000)	10.47	4.95	12.47%	305.60	(4.28)	(241577.67)	18764.52	(552,192.51)
DOLFF09	0	173	710	1769.48	1815.46	0.00%	710.00	0.00	0.00	0.00	(1,632,280.50)
DOLVF9DK	1500	173	(10600)	3.31	2.28	12.31%	432.37	(4.67)	(770107.75)	115536.25	(549,162.15)
DOLCF988	1600	173	100	168.66	206.65	12.08%	79.12	0.13	15900.81	(2066.42)	(189,935.22)
DOLVF9D8	1600	173	6200	12.60	8.30	12.08%	(802.96)	7.81	985850.16	(151195.11)	1,332,542.16
DOLVF9D9	1700	173	1000	37.15	25.16	12.21%	(318.58)	2.22	243813.85	(38834.73)	599,558.64
DOLCF986	2000	173	(200)	18.81	25.44	15.17%	(24.16)	(0.13)	(36333.62)	4069.65	66,327.33
DOLCF980	2200	173	500	6.54	8.73	16.97%	24.38	0.13	47622.27	(4647.48)	(54,911.59)
DOLCF98F	2300	173	(500)	3.66	5.27	17.50%	(15.42)	(0.10)	(32046.24)	3068.84	40,246.31
DOLCF981	2400	173	(500)	1.94	3.30	17.83%	(9.20)	(0.07)	(20392.70)	1940.56	34,007.07

Tabela 4.3: Carteira 30/04/2008

onde;

Vcto = Vencimento em dias úteis;

QTD = Quantidade do Ativo;

MKT = cotação corrente do Ativo;

Fcto = Preço de Fechamento do dia anterior;

Vol = Volatilidade Implícita da Opção;

P/L Total = Resultado em R\$ do ativo

Apenas a título de curiosidade, pode-se ver que os contratos futuros de dólar (DOLM08, DOLN08, DOLU08 E DOLF09) possuem um delta de 100%, ou seja, os valores de seus deltas são os mesmos que suas quantidades, além de apresentarem as outras gregas nulas. Apenas para resumir, esta carteira possui um delta de (-272,37), um gamma de (8,12) e um Vega de R\$712.767,96. Seguem abaixo os cálculos para se obter os dois VaR's:

Cálculo do Var Delta-Normal

Como explicitado no capítulo anterior, o cálculo do VaR pelo método Delta-Normal se dá pela seguinte fórmula:

$$VaR_{1D} = \text{Financeiro} \times \text{Volatilidade}_{1D} \times 1,65$$

Substituindo os valores chegamos em;

$$VaR_{1D} = 272.37 * 50.000 * 1.6629 * 0.8736\% * 1.65$$

$$\mathbf{VaR = R\$326.431,44}$$

Isso significa que pelo método Delta-Normal espera-se uma perda superior a R\$326.431.44 em 5% dos dias.

Cálculo do Var Vega

Como mencionado no capítulo anterior, o cálculo do VaR onde o Vega Risk é considerado é um pouco mais complicado; caso a carteira em questão contesse apenas uma opção o cálculo se daria pela seguinte fórmula:

$$VaR = 1,65 * \sqrt{\begin{bmatrix} \delta S v_{spot} 50000 & \kappa \sigma v_{vol} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{spot,vol} \\ \rho_{spot,vol} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta S v_{spot} 50000 \\ \kappa \sigma v_{vol} \end{bmatrix}}$$

Porém, como se pode ver a carteira em questão possui 5 vencimentos diferentes, dessa forma os cálculos serão um pouco mais complexos. Adaptando a fórmula acima à carteira em questão chegamos na seguinte equação:

$$VaR = 1,65 * \sqrt{\begin{bmatrix} \delta S V_{spot} 50000 & (\kappa \sigma V_{vol})_{21} & (\kappa \sigma V_{vol})_{42} & (\kappa \sigma V_{vol})_{65} & (\kappa \sigma V_{vol})_{86} & (\kappa \sigma V_{vol})_{173} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{spot, \sigma_{21}} & \rho_{spot, \sigma_{42}} & \rho_{spot, \sigma_{65}} & \rho_{spot, \sigma_{86}} & \rho_{spot, \sigma_{173}} \\ \rho_{\sigma_{21}, spot} & 1 & \rho_{\sigma_{21}, \sigma_{42}} & \rho_{\sigma_{21}, \sigma_{65}} & \rho_{\sigma_{21}, \sigma_{86}} & \rho_{\sigma_{21}, \sigma_{173}} \\ \rho_{\sigma_{42}, spot} & \rho_{\sigma_{42}, \sigma_{21}} & 1 & \rho_{\sigma_{42}, \sigma_{65}} & \rho_{\sigma_{42}, \sigma_{86}} & \rho_{\sigma_{42}, \sigma_{173}} \\ \rho_{\sigma_{65}, spot} & \rho_{\sigma_{65}, \sigma_{21}} & \rho_{\sigma_{65}, \sigma_{42}} & 1 & \rho_{\sigma_{65}, \sigma_{86}} & \rho_{\sigma_{65}, \sigma_{173}} \\ \rho_{\sigma_{86}, spot} & \rho_{\sigma_{86}, \sigma_{21}} & \rho_{\sigma_{86}, \sigma_{42}} & \rho_{\sigma_{86}, \sigma_{65}} & 1 & \rho_{\sigma_{86}, \sigma_{173}} \\ \rho_{\sigma_{173}, spot} & \rho_{\sigma_{173}, \sigma_{21}} & \rho_{\sigma_{173}, \sigma_{42}} & \rho_{\sigma_{173}, \sigma_{65}} & \rho_{\sigma_{173}, \sigma_{86}} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta S V_{spot} 50000 \\ (\kappa \sigma V_{vol})_{21} \\ (\kappa \sigma V_{vol})_{42} \\ (\kappa \sigma V_{vol})_{65} \\ (\kappa \sigma V_{vol})_{86} \\ (\kappa \sigma V_{vol})_{173} \end{bmatrix}}$$

Apenas para uma melhor compreensão da fórmula, os números 21, 42, 65, 86 e 173 referem-se aos diferentes vencimentos presentes na carteira. Dando continuidade ao exemplo, podemos facilmente calcular o termo $\delta S V_{spot} 50000$, pois já possuímos o delta, a cotação do dólar no dia 30/04/2008 e volatilidade diária do mesmo. Dessa forma:

$$\delta S V_{spot} 50000 = -272,37 * 1.6629 * 0.8736\% * 50.000$$

$$\delta S V_{spot} 50000 = -197.837,24$$

Já na tabela que se segue abaixo podemos calcular os termos $(\kappa \sigma V_{vol})_i$. O único dado que não possuíamos é a “vol-da-vol”, e isso foi obtido através da série histórica de volatilidade implícita das ATM’s de diferentes vencimentos. Essa série também pode ser vista na seção de anexos.

Ativo	Strike	Vcto	QTD	Vol	Delta	Vega	Vol da Vol	$\kappa\sigma V_{vol}$
DOLFM08	0	21	2690	0.00%	2690.00	\$0.00	3.32%	0.00
DOLVM8DD	1600	21	(1000)	13.19%	94.37	(\$43,675.80)	3.32%	(5,761.20)
DOLVM8DL	1625	21	(1200)	13.02%	228.41	(\$78,627.37)	3.32%	(10,234.59)
DOLVM8DC	1650	21	(300)	13.03%	101.32	(\$25,298.89)	3.32%	(3,297.31)
DOLVM8DK	1675	21	(200)	13.37%	106.46	(\$18,423.94)	3.32%	(2,463.54)
DOLCM888	1700	21	(300)	14.22%	(86.67)	(\$26,050.66)	3.32%	(3,703.77)
DOLVM8D8	1700	21	100	14.22%	(70.54)	\$8,683.55	3.32%	1,234.59
DOLCM88F	1725	21	(300)	15.27%	(56.40)	(\$22,375.94)	3.32%	(3,416.31)
DOLCM88B	1750	21	(100)	16.22%	(12.46)	(\$6,040.53)	3.32%	(979.68)
DOLCM88G	1775	21	(300)	17.10%	(24.60)	(\$14,103.77)	3.32%	(2,411.15)
DOLCM889	1800	21	(1700)	17.87%	(93.56)	(\$60,226.39)	3.32%	(10,763.31)
DOLCM880	1850	21	(1500)	18.90%	(37.15)	(\$26,646.81)	3.32%	(5,037.34)
DOLCM881	1900	21	(600)	19.35%	(5.40)	(\$4,341.05)	3.32%	(840.18)
DOLCM882	1950	21	(100)	19.51%	(0.25)	(\$237.33)	3.32%	(46.30)
DOLCM883	2000	21	(800)	19.55%	(0.45)	(\$511.12)	3.32%	(99.94)
DOLFN08	0	42	(465)	0.00%	(465.00)	\$0.00	2.42%	0.00
DOLCN888	1600	42	200	13.03%	168.13	\$16,189.40	2.42%	2,108.96
DOLVN8D8	1600	42	1200	13.03%	(169.70)	\$97,136.41	2.42%	12,653.78
DOLCN88G	1650	42	100	12.89%	65.47	\$12,067.60	2.42%	1,555.50
DOLCN8DG	1650	42	200	12.89%	(65.26)	\$24,135.21	2.42%	3,111.00
DOLCN889	1700	42	1700	13.33%	674.52	\$223,309.50	2.42%	29,759.63
DOLVN8D9	1700	42	800	13.33%	(468.47)	\$105,086.82	2.42%	14,004.53
DOLCN88H	1725	42	200	13.85%	56.66	\$24,700.80	2.42%	3,421.05
DOLVN8DH	1725	42	(1000)	13.85%	699.16	(\$123,503.99)	2.42%	(17,105.27)
DOLCN88F	1750	42	2150	14.50%	437.84	\$238,838.16	2.42%	34,630.73
DOLCN884	1800	42	(830)	15.83%	(93.91)	(\$68,789.67)	2.42%	(10,889.05)
DOLVN8D4	1800	42	2900	15.83%	(2517.47)	\$240,349.45	2.42%	38,046.08
DOLCN88B	1850	42	(535)	16.91%	(35.42)	(\$30,594.13)	2.42%	(5,173.64)
DOLVN8DB	1850	42	1700	16.91%	(1554.43)	\$97,215.01	2.42%	16,439.59
DOLCN883	1900	42	(1100)	17.67%	(42.27)	(\$40,143.85)	2.42%	(7,091.66)
DOLCN885	1950	42	200	18.12%	4.11	\$4,244.76	2.42%	768.94
DOLCN880	2000	42	(230)	18.36%	(2.25)	(\$2,569.72)	2.42%	(471.68)
DOLVQ8DC	1600	65	200	12.29%	(28.31)	\$20,243.15	1.88%	2,487.01
DOLFU08	0	86	(150)	0.00%	(150.00)	\$0.00	1.64%	0.00
DOLVU8D8	1600	86	(2000)	12.47%	305.60	(\$241,577.67)	1.64%	(30,131.93)
DOLFF09	0	173	710	0.00%	710.00	\$0.00	1.26%	0.00
DOLVF9DK	1500	173	(10600)	12.31%	432.37	(\$770,107.75)	1.26%	(94,804.53)
DOLCF988	1600	173	100	12.08%	79.12	\$15,900.81	1.26%	1,920.42
DOLVF9D8	1600	173	6200	12.08%	(802.96)	\$985,850.16	1.26%	119,066.15
DOLVF9D9	1700	173	1000	12.21%	(318.58)	\$243,813.85	1.26%	29,760.28
DOLCF986	2000	173	(200)	15.17%	(24.16)	(\$36,333.62)	1.26%	(5,513.07)
DOLCF980	2200	173	500	16.97%	24.38	\$47,622.27	1.26%	8,080.67
DOLCF98F	2300	173	(500)	17.50%	(15.42)	(\$32,046.24)	1.26%	(5,607.67)
DOLCF981	2400	173	(500)	17.83%	(9.20)	(\$20,392.70)	1.26%	(3,635.67)

Tabela 4.4: $\kappa\sigma V_{vol}$

Nesta tabela foi calculado o termo $\kappa\sigma V_{vol}$ para cada opção, e por fim somamos esses termos pertencentes ao mesmo vencimento. Apenas a título de curiosidade, pode-se notar que para vencimentos mais curtos a volatilidade da volatilidade implícita é maior; isso significa que eventos não esperados no mercado tendem a afetar mais os vencimentos mais curtos.

Somando-se os termos $\kappa\sigma\nu_{vol}$ chegamos aos seguintes resultados expressos logo abaixo:

- $(\kappa\sigma\nu_{vol})_{21} = -47.820,04$
- $(\kappa\sigma\nu_{vol})_{42} = 115.768,50$
- $(\kappa\sigma\nu_{vol})_{65} = 2487,01$
- $(\kappa\sigma\nu_{vol})_{86} = -30.131,93$
- $(\kappa\sigma\nu_{vol})_{173} = 49.266,60$

Com isso, falta apenas as correlações ($\rho_{i,j}$) para termos todos os valores necessários para a resolução da fórmula. Essas correlações serão mais uma vez obtidas através da série histórica das ATM's em anexo. Após a realização de alguns cálculos chegamos aos seguintes resultados:

- $\rho_{spot,\sigma_{21}} = -0.61849$
- $\rho_{spot,\sigma_{42}} = -0.66777$
- $\rho_{spot,\sigma_{65}} = -0.69913$
- $\rho_{spot,\sigma_{86}} = -0.71288$
- $\rho_{spot,\sigma_{173}} = -0.69765$
- $\rho_{\sigma_{21},\sigma_{42}} = 0.99165$
- $\rho_{\sigma_{21},\sigma_{65}} = 0.97262$
- $\rho_{\sigma_{21},\sigma_{86}} = 0.94727$
- $\rho_{\sigma_{21},\sigma_{173}} = 0.87178$
- $\rho_{\sigma_{42},\sigma_{65}} = 0.99406$
- $\rho_{\sigma_{42},\sigma_{86}} = 0.97819$
- $\rho_{\sigma_{42},\sigma_{173}} = 0.91613$
- $\rho_{\sigma_{65},\sigma_{86}} = 0.99375$
- $\rho_{\sigma_{65},\sigma_{173}} = 0.94666$
- $\rho_{\sigma_{86},\sigma_{173}} = 0.97343$

E através da propriedade $\rho_{i,j} = \rho_{j,i}$ temos todos os valores necessários para o cálculo do VaR, e substituindo os valores na fórmula chegamos que:

$$VaR = 1,65 * \begin{bmatrix} -197.837,24 & -47.820,04 & 115.768,50 & 2487,01 & -30.131,93 & 49.266,60 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -0.61849 & -0.66777 & -0.69913 & -0.71288 & -0.69765 \\ -0.61849 & 1 & 0.99165 & 0.97262 & 0.94727 & 0.87178 \\ -0.66777 & 0.99165 & 1 & 0.99406 & 0.97819 & 0.91613 \\ -0.69913 & 0.97262 & 0.99406 & 1 & 0.99375 & 0.94666 \\ -0.71288 & 0.94727 & 0.97819 & 0.99375 & 1 & 0.97343 \\ -0.69765 & 0.87178 & 0.91613 & 0.94666 & 0.97343 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -197.837,24 \\ -47.820,04 \\ 115.768,50 \\ 2487,01 \\ -30.131,93 \\ 49.266,60 \end{bmatrix}$$

Resolvendo a fórmula acima chegamos ao seguinte resultado:

$$\mathbf{VaR = R\$437.391,63}$$

Ou seja, espera-se uma perda superior a R\$437.391,63 em 5% dos dias analisados. Fazendo uma análise superficial, os resultados parecem estar condizentes, uma vez que o VaR que considera o Vega Risk é maior do que o VaR calculado pelo método Delta-Normal, isso porque no cálculo do VaR onde consideramos a variação da volatilidade implícita estamos levando em conta mais um fator de risco, sendo assim a possibilidade de perda de dinheiro é maior.

5 REALIZAÇÃO DO BACKTESTING

Agora que já entendemos como se realizam os cálculos para os dois VaR's, vamos então comparar ambos resultados através do Backtesting. Nesse teste, todos os dias que as carteiras apresentaram retornos negativos maiores em módulo do que o VaR será considerado uma exceção. Como dito anteriormente, ambos VaR's foram calculados com um fator de confiança de 95%, ou seja, espera-se que os números de exceções sejam em torno de 5% das observações; como foram analisados 140 dias, espera-se algo próximo de 7 exceções. Segue abaixo a tabela com o resultado do Backtesting:

Date	Var Delta Normal	VaR Vega	Resultado	Date	Var Delta Normal	VaR Vega	Resultado	Date	Var Delta Normal	VaR Vega	Resultado
01-Apr-08	\$ 307,477.91	0	\$ 658,283.38	11-Jun-08	\$ 12,742.02	1	\$ 229,817.47	15-Aug-08	\$ 47,311.32	0	\$ 69,321.93
02-Apr-08	\$ 130,222.94	0	\$ 587,437.97	12-Jun-08	\$ 12,101.11	0	\$ 235,653.23	16-Aug-08	\$ 24,348.25	1	\$ 89,785.13
03-Apr-08	\$ 333,271.48	0	\$ 549,296.24	13-Jun-08	\$ 26,423.05	0	\$ 161,562.80	19-Aug-08	\$ 18,974.41	0	\$ 64,407.95
04-Apr-08	\$ 255,269.08	0	\$ 557,344.65	16-Jun-08	\$ 37,969.63	1	\$ 156,398.48	20-Aug-08	\$ 53,487.96	1	\$ 69,737.36
07-Apr-08	\$ 157,681.04	0	\$ 507,274.76	17-Jun-08	\$ 50,937.41	0	\$ 173,582.21	21-Aug-08	\$ 43,235.40	0	\$ 67,988.36
08-Apr-08	\$ 32,615.12	1	\$ 514,304.21	18-Jun-08	\$ 32,543.11	0	\$ 181,065.02	22-Aug-08	\$ 94,380.14	0	\$ 94,858.05
09-Apr-08	\$ 901.69	0	\$ 382,953.58	19-Jun-08	\$ 227,828.31	0	\$ 212,084.11	25-Aug-08	\$ 27,542.89	0	\$ 75,148.32
10-Apr-08	\$ 29,331.20	0	\$ 381,686.29	20-Jun-08	\$ 71,326.71	0	\$ 350,259.19	26-Aug-08	\$ 35,965.31	0	\$ 73,119.92
11-Apr-08	\$ 5,209.67	0	\$ 394,149.71	23-Jun-08	\$ 169,494.02	0	\$ 221,675.08	27-Aug-08	\$ 42,690.99	1	\$ 69,437.92
14-Apr-08	\$ 76,619.22	0	\$ 417,658.97	24-Jun-08	\$ 103,853.10	0	\$ 313,068.35	28-Aug-08	\$ 21,971.81	0	\$ 59,177.06
15-Apr-08	\$ 53,597.87	0	\$ 366,849.00	25-Jun-08	\$ 237,608.69	0	\$ 246,388.27	29-Aug-08	\$ 8,366.68	0	\$ 52,503.16
16-Apr-08	\$ 33,700.01	0	\$ 372,225.58	26-Jun-08	\$ 248,615.85	0	\$ 334,016.90	01-Sep-08	\$ 44,790.17	0	\$ 161,473.97
17-Apr-08	\$ 124,689.40	0	\$ 372,991.55	27-Jun-08	\$ 183,611.61	1	\$ 272,515.46	02-Sep-08	\$ 92,194.29	0	\$ 172,633.52
18-Apr-08	\$ 78,453.51	0	\$ 355,583.12	30-Jun-08	\$ 38,804.68	0	\$ 325,507.57	03-Sep-08	\$ 27,045.45	1	\$ 150,068.73
22-Apr-08	\$ 6,109.51	1	\$ 272,337.36	01-Jul-08	\$ 168,706.46	0	\$ 225,051.27	04-Sep-08	\$ 97,032.18	0	\$ 120,776.96
23-Apr-08	\$ 34,959.07	0	\$ 205,761.64	02-Jul-08	\$ 93,468.84	1	\$ 269,137.72	05-Sep-08	\$ 32,274.31	1	\$ 149,679.66
24-Apr-08	\$ 68,334.10	0	\$ 225,199.89	03-Jul-08	\$ 10,383.07	0	\$ 161,245.49	08-Sep-08	\$ 9,681.69	1	\$ 70,577.48
25-Apr-08	\$ 63,960.10	0	\$ 241,676.99	04-Jul-08	\$ 74,342.49	1	\$ 101,003.06	09-Sep-08	\$ 113,432.67	1	\$ 115,878.00
26-Apr-08	\$ 55,713.65	1	\$ 217,821.18	07-Jul-08	\$ 87,340.92	0	\$ 125,428.32	10-Sep-08	\$ 14,405.48	0	\$ 88,306.09
29-Apr-08	\$ 204,035.37	0	\$ 359,550.88	08-Jul-08	\$ 787.53	0	\$ 127,390.06	11-Sep-08	\$ 8,702.24	1	\$ 126,429.76
30-Apr-08	\$ 326,436.57	0	\$ 437,391.58	09-Jul-08	\$ 36,724.58	0	\$ 115,281.49	12-Sep-08	\$ 164,265.07	0	\$ 275,286.56
02-May-08	\$ 204,389.84	0	\$ 343,137.27	10-Jul-08	\$ 31,166.11	0	\$ 111,980.95	15-Sep-08	\$ 124,907.54	1	\$ 209,320.70
05-May-08	\$ 300,159.18	0	\$ 453,203.57	11-Jul-08	\$ 58,798.88	0	\$ 132,653.04	16-Sep-08	\$ 77,798.74	1	\$ 203,389.06
06-May-08	\$ 83,582.11	0	\$ 294,927.46	14-Jul-08	\$ 8,317.16	0	\$ 144,972.12	17-Sep-08	\$ 124,691.32	1	\$ 166,892.88
07-May-08	\$ 28,249.48	0	\$ 296,906.29	15-Jul-08	\$ 6,484.34	0	\$ 158,690.86	18-Sep-08	\$ 175,984.83	0	\$ 232,717.20
08-May-08	\$ 28,330.85	0	\$ 270,165.08	16-Jul-08	\$ 60,632.99	0	\$ 149,414.87	19-Sep-08	\$ 107,296.62	1	\$ 229,747.96
09-May-08	\$ 87,365.61	0	\$ 246,483.27	17-Jul-08	\$ 3,432.37	0	\$ 142,696.77	22-Sep-08	\$ 371,553.61	0	\$ 502,259.86
12-May-08	\$ 146,380.65	0	\$ 267,122.77	18-Jul-08	\$ 72,475.56	0	\$ 198,155.01	23-Sep-08	\$ 80,289.10	0	\$ 247,729.79
13-May-08	\$ 158,896.53	0	\$ 295,525.23	21-Jul-08	\$ 6,141.69	0	\$ 170,168.02	24-Sep-08	\$ 65,408.39	0	\$ 314,834.71
14-May-08	\$ 26,720.19	0	\$ 178,659.34	22-Jul-08	\$ 32,945.63	0	\$ 179,096.06	25-Sep-08	\$ 113,655.38	0	\$ 256,593.26
15-May-08	\$ 29,609.29	1	\$ 133,863.27	23-Jul-08	\$ 2,980.96	0	\$ 153,670.56	26-Sep-08	\$ 416,117.17	0	\$ 467,691.28
16-May-08	\$ 126,131.92	0	\$ 216,065.47	24-Jul-08	\$ 23,219.73	0	\$ 148,897.10	29-Sep-08	\$ 343,829.64	0	\$ 507,324.64
19-May-08	\$ 37,544.46	0	\$ 75,075.98	25-Jul-08	\$ 9,961.09	0	\$ 138,863.14	30-Sep-08	\$ 280,387.39	1	\$ 512,923.66
20-May-08	\$ 77,981.29	0	\$ 132,489.30	26-Jul-08	\$ 16,099.67	1	\$ 127,016.97	01-Oct-08	\$ 170,020.69	0	\$ 346,363.23
21-May-08	\$ 207,595.10	0	\$ 254,130.40	29-Jul-08	\$ 23,633.08	0	\$ 135,230.54	02-Oct-08	\$ 146,308.68	0	\$ 352,916.98
23-May-08	\$ 123,139.26	0	\$ 169,491.77	30-Jul-08	\$ 72,398.55	1	\$ 153,795.58	03-Oct-08	\$ 135,696.02	1	\$ 343,741.37
26-May-08	\$ 15,777.09	0	\$ 86,686.90	31-Jul-08	\$ 122,251.69	0	\$ 124,639.02	06-Oct-08	\$ 586,906.59	0	\$ 598,943.77
27-May-08	\$ 64,679.95	0	\$ 120,807.01	01-Aug-08	\$ 15,702.92	0	\$ 131,334.08	07-Oct-08	\$ 26,842.77	0	\$ 334,719.99
28-May-08	\$ 412,756.41	0	\$ 443,146.10	04-Aug-08	\$ 12,126.92	0	\$ 127,052.64	08-Oct-08	\$ 482,773.83	1	\$ 510,748.16
29-May-08	\$ 227,834.47	0	\$ 277,180.36	05-Aug-08	\$ 27,646.78	0	\$ 117,118.68	09-Oct-08	\$ 200,250.35	1	\$ 744,713.22
30-May-08	\$ 36,489.31	0	\$ 257,631.87	06-Aug-08	\$ 25,392.54	0	\$ 96,941.91	10-Oct-08	\$ 45,974.87	1	\$ 423,658.98
03-Jun-08	\$ 198,573.99	0	\$ 383,140.82	07-Aug-08	\$ 121,245.30	0	\$ 117,086.23	13-Oct-08	\$ 277,046.07	1	\$ 426,593.05
04-Jun-08	\$ 21,327.26	0	\$ 239,971.14	08-Aug-08	\$ 2,670.19	1	\$ 134,508.48	14-Oct-08	\$ 516,545.94	0	\$ 818,169.03
05-Jun-08	\$ 8,078.33	0	\$ 222,326.32	11-Aug-08	\$ 46,430.29	1	\$ 117,915.36	15-Oct-08	\$ 542,273.64	0	\$ 613,387.78
06-Jun-08	\$ 56,030.37	1	\$ 222,538.10	12-Aug-08	\$ 18,648.75	0	\$ 100,266.46	16-Oct-08	\$ 136,921.83	0	\$ 394,199.45
09-Jun-08	\$ 33,464.48	0	\$ 223,377.70	13-Aug-08	\$ 20,778.48	1	\$ 102,069.76	17-Oct-08	\$ 312,457.01	1	\$ 377,063.51
10-Jun-08	\$ 10,263.57	0	\$ 228,842.57	14-Aug-08	\$ 4,895.68	1	\$ 73,235.55				

Tabela 5.1: Backtesting

Apenas para o entendimento desta tabela, o número “0” a frente do VaR significa que o mesmo não foi “estourado”, já o número “1” representa que o resultado foi uma perda maior que o VaR calculado, representando uma exceção.

De acordo com o resultado deste Backtesting temos as seguintes exceções:

VaR Delta-Normal: 35 exceções

VaR Vega: 16 exceções

Em porcentagem essas exceções são:

VaR Delta-Normal: $35/140 = 25\%$

VaR Vega: $16/140 = 11,43\%$

À primeira vista vemos que a incorporação do Vega Risk no cálculo do VaR resulta em uma grande melhoria, pois o número de exceções caiu consideravelmente; porém mesmo assim podemos dizer que ambos os VaR estão subestimando o risco assumido, uma vez que o número de exceções encontrado foi maior do que o esperado.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo visa analisar os dados obtidos no capítulo anterior, onde foi realizado o Backtesting, que acabou resultando em 16 exceções para o VaR Vega e 35 para o VaR calculado pelo método Delta-Normal, de um total de 140 observações para ambos.

A primeira vista, vemos que o número de exceções caiu consideravelmente ao incorporarmos o Vega Risk no cálculo do VaR, de 35 exceções para 16 exceções. O que também se pode notar em primeira análise é que o cálculo do VaR pelo método Delta-Normal subestima em muito o risco da posição assumida, pois esperávamos um número de exceções próximo de 7, porém este VaR apresentou uma expressiva quantidade de exceções, 35.

Podemos dizer que esses números refletem o “erro” assumido por este método de cálculo do VaR, onde o único risco considerado das opções é o risco atrelado ao Delta, desconsiderando outras gregas como o Gamma e o Vega. E o fato do VaR Vega ter apresentado um número de exceções bem menor que o do VaR Delta-Normal é completamente compreensível, pois estamos considerando mais um fator de risco no cálculo, dessa forma as quantias esperadas de perda tendem a ser maiores, reduzindo as exceções.

Porém, mesmo com uma melhora considerável das exceções em relação ao VaR Delta-Normal, o número de dias em que o VaR Vega foi “estourado” é significativamente superior ao esperado, 16 observações contra 7. A questão que fica agora, é se devemos aceitar esse VaR como uma medida correta da exposição ao risco do fundo, ou não.

Para este tipo de problema, Kupiec (1995) propõe um teste estatístico baseado no número de exceções ocorrido num Backtesting. Sendo T o número de dias analisados e N o número de exceções para um VAR calculado a um nível de confiança $1-p^*$, temos uma frequência de extrapolação do VaR igual a N/T . O que se pretende averiguar é se N/T é significativamente diferente de p^* .

Nota-se que a comparação da perda de uma carteira num determinado dia com a estimativa do VAR a um certo nível de significância p determina o resultado de um evento binomial. Neste caso, tem-se um erro quando a perda da carteira é maior que a perda potencial expressa pelo VAR e um acerto quando ela é menor. Desta forma, supondo independência dos eventos entre dias, a probabilidade E de haver N erros (perdas acima do VAR) numa amostra T é dada por uma distribuição binomial com parâmetros N, p sendo p a probabilidade do erro:

$$E = (1-p).T-N . p N$$

Kupiec (1995) sugere um teste de razão de verossimilhança para testar a hipótese nula $p=p^*$. O lema de Neyman-Pearson estabelece que, neste contexto, o teste RV é uniformemente mais poderoso contra hipóteses alternativas simples. A estatística do teste é dada por:

$$RV = -2 \ln [(1-p^*)^{T-N} . (p^*)^N] + 2 \ln [(1-N/T)^{T-N} . (N/T)^N]$$

Sob a hipótese nula, RV tem distribuição qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

O problema deste teste, como apontado por Kupiec, é seu baixo poder para amostras pequenas, ou seja, este teste tem uma alta probabilidade de aceitar a hipótese nula quando ela é falsa em amostras com número de observações limitado. Por exemplo, para uma amostra de 1000 dias a hipótese nula $p^* = 5\%$ é aceita se a frequência de erro observada estiver entre 3,7% e 6,5%.

Mesmo com esse baixo poder apontado por Kupiec para pequenas amostras, iremos usar este modelo para encontrar a região de confiança proposto pelo modelo, uma vez que foi a melhor solução encontrada para se resolver este problema. Para encontrar tal região basta substituir os valores de T e p^* por 140 e 5% na fórmula e igualá-la a zero; dessa forma poderemos encontrar os valores de N que expressam um intervalo de confiança do número de exceções:

$$RV = -2 \ln [(0.95)^{140-N} . (0.05)^N] + 2 \ln [(1-N/140)^{140-N} . (N/140)^N] = 0$$

Resolvendo numericamente encontramos que a região de confiança para o nosso caso seria um número de exceções entre 3 e 13, isso em porcentagem representa 2,14% e 9,29% respectivamente.

Ao compararmos o número de exceções apresentado pelo Backtesting com a região de confiança gerado pelo modelo de Kupiec, nossa ação seria a de rejeitar ambos VaR's, até mesmo o VaR Vega.

A princípio vimos que a incorporação do Vega Risk no cálculo do VaR resultou em uma grande melhoria do mesmo, uma vez que o número de exceções caiu consideravelmente,

de 35 para 16; porém, mesmo assim não foi o suficiente para melhorar ao ponto de aceitarmos seu resultado. Acredita-se que isso tenha ocorrido pelo seguinte fato: no cálculo do VaR onde levamos em conta o Vega Risk, estamos considerando dois fatores básicos de risco:

1. Delta da Posição
2. Vega da Posição

Ao levarmos em conta apenas esses riscos, estamos esquecendo-se de outros riscos, tais como os riscos atrelados a mudanças nas taxas de juros e um outro risco relativo ao efeito gamma. Como dito anteriormente, o efeito do Rhô é significativamente menor que o das outras gregas, por isso dificilmente o resultado do Backtesting seria outro. Já em relação ao gamma, vimos que esta grega tem um efeito muito importante na realização do Delta Hedge (prática muito comum adotada pela VentureStar), se tornando muito complicado a prática desta técnica quando o gamma da carteira é negativo. Isso pode ser percebido pelo simples fato de que das 16 exceções do VaR Vega, 12 delas a carteira possuía um gamma negativo, ou seja, 75% das observações; sendo assim é indiscutível a importância do gamma também na análise de risco quando o assunto é opções.

Portanto, vimos até agora, que ao incorporarmos o Vega Risk no cálculo do VaR foi de suma importância, porém ainda não suficiente. Na análise de risco em se tratando de opções devemos levar em conta o efeito gamma também, pois em mercados voláteis a manutenção do Delta Hedge pode acarretar em grandes perdas financeiras.

Uma vez visto a importância do Vega Risk no cálculo do VaR, vamos agora tentar analisar de que forma o risco atrelado à mudanças na volatilidade implícita contribui para um VaR mais condizente com a realidade. Pelo fato do número de exceções do VaR Vega ser bem menor que o do VaR Delta-Normal supõem-se que na maior parte das vezes o primeiro é maior que o segundo. Para se averiguar isso, vamos analisar o seguinte gráfico, onde será exposto a diferença entre os VaR's:

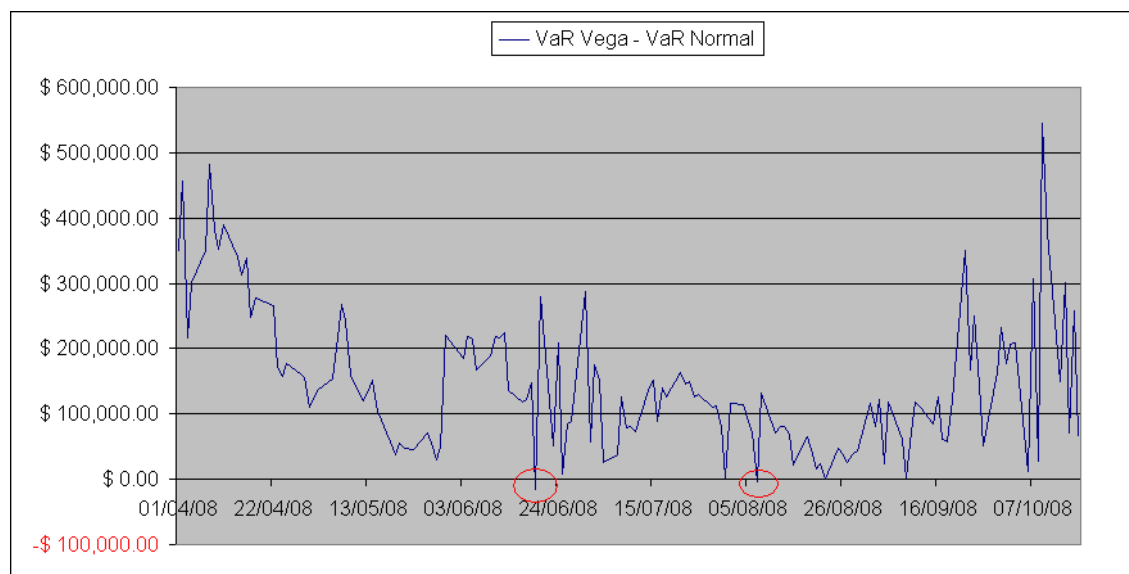


Figura 6.1: Diferença dos VaR's

Neste gráfico fica evidente o que suspeitávamos, o VaR Vega é superior ao VaR Delta na maior parte das vezes, não acontecendo isso em apenas duas ocasiões, nos dias 18/06/2008 e 07/08/2008. Ao checarmos as gregas dessas carteiras vemos que ambas possuem um Vega relativamente baixo em comparação com outras carteiras, R\$13.628,36 e R\$21.394,37 respectivamente. Isso nos leva a pensar que as maiores diferenças estão relacionadas à Vegas altos apresentados pelas carteiras. E será esse o próximo gráfico, onde poderemos ver a diferença dos VaR's com o Vega da carteira:

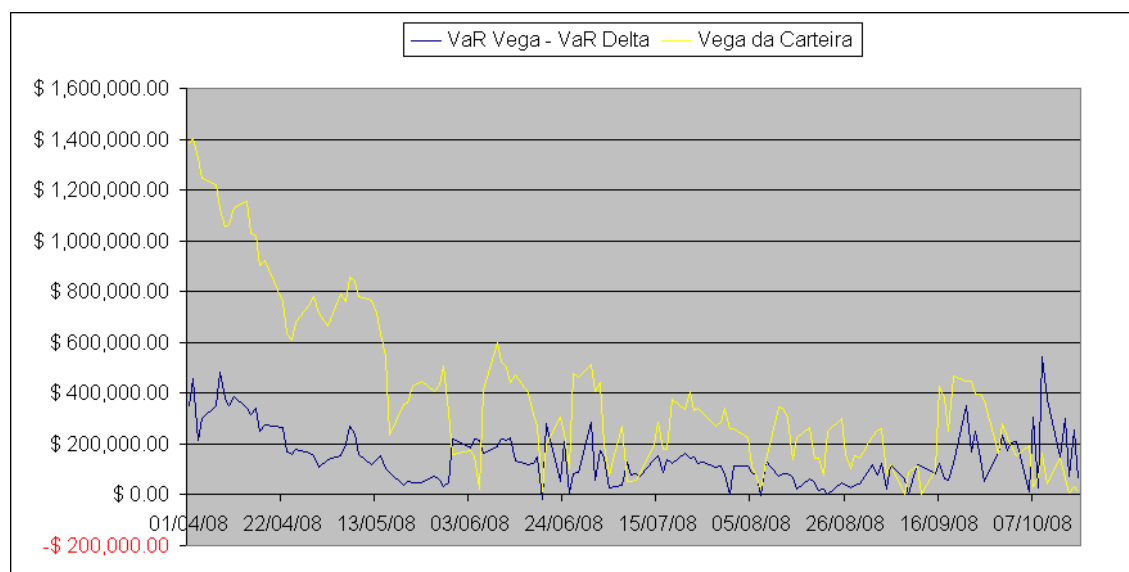


Figura 6.2: Diferença x Vega da Carteira

Neste gráfico, para facilitar sua visualização foi plotado o módulo do Vega da carteira, não seu valor absoluto, pois como assumimos que a “vol-da-vol” possui uma curva de retorno normalmente distribuída com média zero, o risco em se ter uma carteira com um Vega de R\$200.000,00 é o mesmo de se ter uma outra carteira com um Vega de (R\$-200.000,00).

Através desse gráfico fica visível que as diferenças entre os VaR's tendem a se acentuar quando o Vega da carteira é alto. Para confirmar isso tiramos a correlação entre as diferenças do VaR's e o Vega da carteira:

$$\rho = 0.5829$$

Trata-se de uma correlação relativamente alta. Obviamente não é só o Vega da carteira que explicaria a diferença dos VaR's, há outros fatores também, e um deles é a volatilidade do dólar; para se averiguar isso, fizemos mais um gráfico, onde estão expostos as diferenças dos VaR's e a volatilidade anual do Dólar.

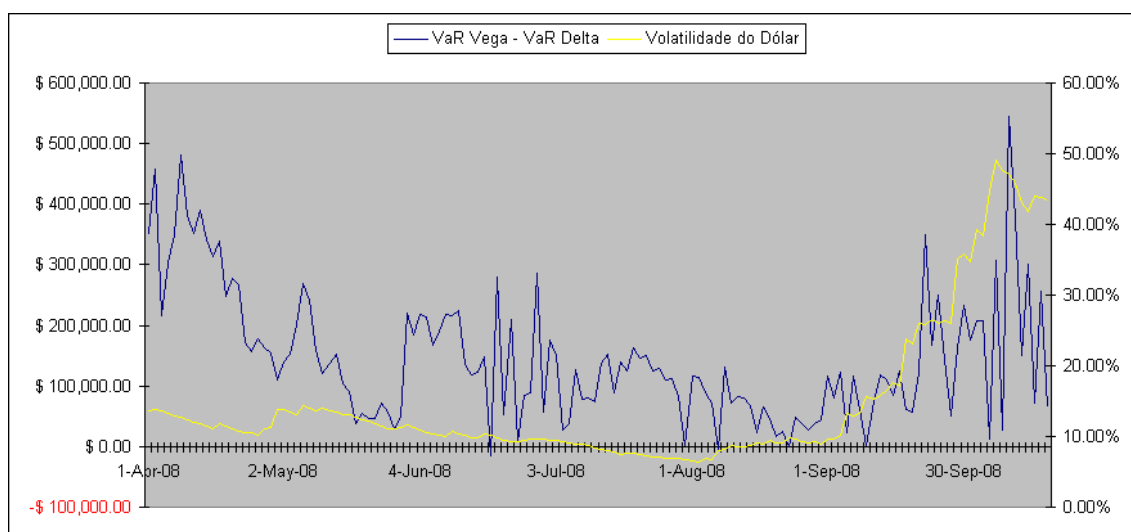


Figura 6.3: Diferença x Volatilidade do Dólar

Já nesse gráfico, percebe-se que a relação entre a diferença dos VaR's e a volatilidade do Dólar é fraca. Apenas para confirmar esta impressão calculamos a correlação entre os dados:

$$\rho = 0.2456$$

Vemos que embora seja uma correlação positiva, esta relação é bem mais fraca que a anterior; isso faz algum sentido, uma vez que se o Vega da posição assumida for baixo, um aumento na volatilidade do Dólar trará um baixo impacto no VaR, resultando em uma diferença menor entre os VaR's.

Dessa forma poderíamos resumir o que foi visto até agora da seguinte maneira:

- O VaR Vega tende a ser maior que o VaR Delta
- A diferença entre os VaR está diretamente ligada ao Vega da carteira
- A correlação entre as diferenças do VaR com a volatilidade do Dólar é positiva, porém baixa.

Vamos agora analisar um outro ponto ainda não abordado, as exceções. Para isso iremos plotar no gráfico o VaR Vega e o Resultado das carteiras, para analisarmos se as perdas estão concentradas em um período ou parecem ser eventos aleatórios.

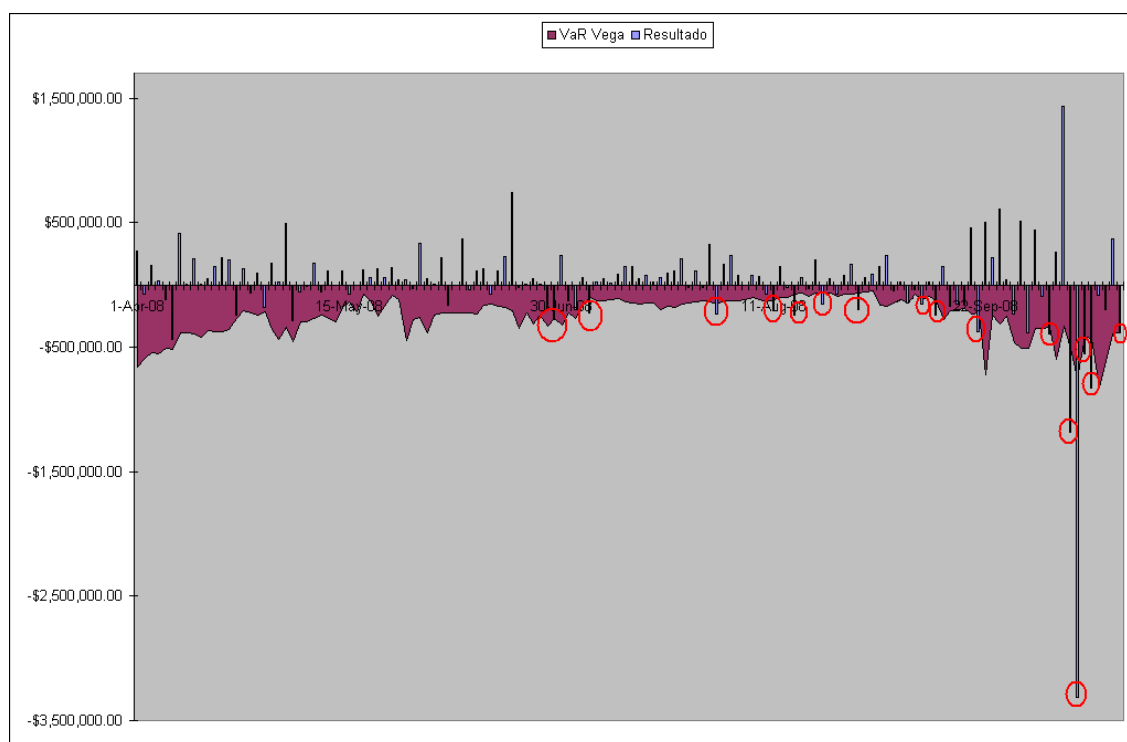


Figura 6.4: Exceções do VaR Vega

Analisando este gráfico, vemos que há uma clara concentração das exceções na parte final do gráfico, principalmente após a metade de Agosto, onde estão 13 das 16 exceções, ou seja, aproximadamente 81% das ocorrências observadas, e isso leva a nos crer que deve ter

algum motivo para tal fato. Ao compararmos com o gráfico anterior, vemos que é a partir deste período que a volatilidade do dólar começa a aumentar consideravelmente, refletindo um mercado “estressado”, onde o Dólar apresentou grandes variações em sua cotação. Vamos também analisar o comportamento da volatilidade implícita das opções nesse período. O gráfico que segue abaixo reflete o comportamento da volatilidade implícita das ATM's de prazo fixo. Segue o gráfico abaixo:

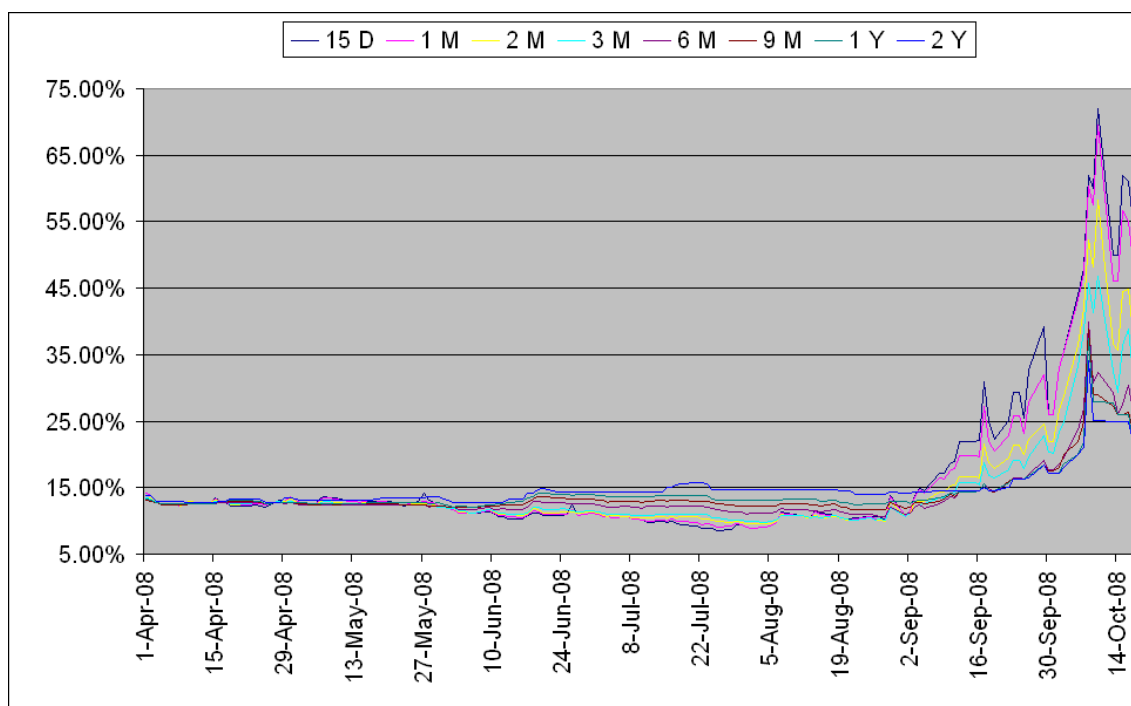


Figura 6.5: Volatilidade Implícitas do Backtesting

Como se pode ver, a volatilidade implícita das opções também apresentam um comportamento muito parecido com volatilidade do dólar, com os movimentos mais bruscos mais constantes na parte final do gráfico, sendo que esses movimentos são mais fortes nos prazos mais curtos.

Esses gráficos reforçam ainda mais o argumento de que, embora a incorporação do Vega Risk no cálculo do VaR tenha trazido uma grande melhoria para o mesmo, isso ainda não é o suficiente para expressar uma exposição ao risco condizente com a realidade, uma vez que estamos ignorando o efeito gamma, cuja importância se acentua ainda mais em mercados voláteis; ou seja, aparentemente o VaR Vega “funciona” bem em mercados calmos, sem períodos de estresses, mas deixa a desejar quando ocorrem grandes oscilações no Dólar. Apenas para verificar essa idéia, realizaremos um segundo Backtesting entre os dias 01/04/2008 e 11/08/2008, o que resulta em 91 observações; tratando-se de um nível de

confiança de 95%, espera-se um número de exceções próximo a 5. De acordo com este novo período para a realização do Backtesting teríamos os seguintes resultados:

VaR Delta-Normal: 14 exceções

VaR Vega: 4 exceções

Em porcentagem essas exceções são:

VaR Delta-Normal: $14/91 = 15,38\%$

VaR Vega: $4/91 = 4,39\%$

A primeira impressão que se tem ao ver esses números é que o VaR Vega continua sendo uma medida bem melhor que o VaR Delta-Normal, confirmando que este método de cálculo de VaR para opções contém inúmeros erros.

Outra comparação interessante que podemos fazer é quanto à porcentagem de exceções. Neste Backtesting tivemos para o VaR Delta-Normal uma porcentagem de extrapolação do VaR igual a 15,38% e para o VaR Vega 4,39%, enquanto que no Backtesting anterior tivemos os seguintes resultados: 25% para o VaR Delta-Normal e 11,43% para o VaR Vega. Analisando esses números vemos que de um período para o outro houve uma grande diferença nos resultados, sendo que os números de exceções do segundo Backtesting são bem melhores que o do primeiro. E ao aplicarmos a equação proposta pelo modelo de Kupiec, para os parâmetros $T=91$, e $p^*=0.05$, iremos encontrar que a região aceitável de exceções se encontra entre os números 2 e 9; ou seja, continuaríamos a rejeitar o método Delta-Normal, porém passaríamos a aceitar o VaR Vega como uma medida de risco adequada. Tudo isso nos leva a concluir que a escolha do período para a realização do Backtesting pode influir e muito nos resultados do mesmo; uma vez que para períodos diferentes a decisão de aceitar ou não foram distintas.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal um estudo sobre a relevância do Vega Risk em uma carteira de opções através de duas ferramentas comuns no mercado financeiro: VaR e Backtesting.

Para se analisar tal relevância foram escolhidas 140 carteiras distintas, e para cada uma dessas carteiras foram calculados dois VaR's diferentes; o primeiro deles foi calculado pelo método Delta-Normal, onde era desprezado os efeitos da variação da volatilidade implícita das opções; já no cálculo do segundo VaR foi incorporado o Vega Risk segundo o modelo proposto por Allan M. Malz; feito isso, realizamos então um Backtesting. Neste Backtesting comparou-se os VaR's calculados com os resultados reais apresentados pelas carteiras.

Através deste Backtesting pôde-se tirar várias conclusões, sendo que a primeira refere-se ao número de exceções ocorridas neste teste. Para o primeiro VaR verificou-se a ocorrência de 35 exceções enquanto que para o segundo, apenas 16. Ao compararmos essas medidas constatamos que a incorporação do Vega Risk no cálculo do VaR foi de grande valia uma vez que o número de exceções caiu consideravelmente. Porém, mesmo considerando o Vega Risk, o número de exceções encontrado foi relativamente superior ao esperado: 16 contra 7.

Para resolver a questão de se aceitar ou não o modelo de cálculo do VaR foi adotado o modelo proposto por Kupiec; através deste modelo encontramos que a região de confiança se encontrava entre 3 e 13 exceções; fazendo com que ambos modelos de cálculo do VaR fossem rejeitados. Isso de certa forma já era esperado para o VaR Delta-Normal, pois se trata de um modelo muito simples, onde o único risco considerado em uma carteira de opção é o Delta da mesma; porém esperava-se que o segundo VaR, onde o Vega Risk era considerado, fosse aceito.

Para se verificar o motivo desta rejeição analisamos mais a fundo os dados. Nesta análise verificou-se que na grande maioria das vezes o VaR Vega é maior que o VaR Delta-Normal, isso deve-se ao fato de estarmos levando em conta mais um fator de risco, resultando em um potencial de perda maior. Nesta análise também foi visto que as diferenças entre os VaR's calculados tendem a ser maiores quando o Vega da carteira analisada é alto; apenas para confirmar uma impressão grafista, tiramos a correlação entre esses dados, diferença dos VaR's e Vega das carteiras, e chegamos num número relativamente alto: 0.5829. Também vimos que

essas diferenças possuem uma correlação positiva com a Volatilidade do Dólar, porém com uma intensidade mais baixa: 0.2456.

Como estávamos interessados no por quê da rejeição do segundo VaR, fomos estudar suas exceções. Ao estudá-las vimos que grande parte das exceções estava concentrada em um período; além disso, vimos também que muitas das carteiras cujo resultado foi pior que o VaR calculado, possuíam um gamma negativo. Ao analisarmos este período vimos que o mesmo corresponde a um período de stress do mercado, onde a volatilidade do dólar, além da volatilidade implícita das opções, aumentaram bruscamente, causadas por grandes variações na cotação do Dólar. Isso junto com o fato de que o Delta Hedge é uma prática muito comum na VentureStar, levou nos a concluir que o efeito gamma é muito importante na exposição ao risco, principalmente em tempos voláteis.

Apenas para confirmar esta conclusão, foi feito um segundo Backtesting, em um período mais calmo do mercado. Neste segundo Backtesting os números de exceções apresentados foram: 14 para o VaR Delta-Normal e 4 para o VaR Vega. E a região de confiança através do moledo de Kupiec se encontrava entre 2 e 9 exceções. Como no primeiro Backtesting, foi rejeitado o modelo Delta-Normal, mas agora, o VaR Vega foi aceito. Isso reforçou a idéia de que o efeito gamma tem sua importância evidenciada em períodos de stress, além de nos levarmos a uma outra conclusão: a escolha do período para o Backtesting pode afetar e muito na aceitação ou não do modelo.

Dessa forma, as principais conclusões propostas neste trabalho são:

- O Vega Risk é muito importante na análise de risco quando se trata de opções.
- O método Delta-Normal para cálculo de VaR não é adequado para uma carteira de opções, pois trata-se de um modelo muito simplista, considerando como fator de risco apenas o Delta da carteira.
- O método de cálculo de VaR apresentado neste trabalho onde o Vega Risk é considerado, também não é um modelo válido, uma vez que em mercados voláteis a exposição ao risco é subestimada, devido ao fato deste modelo não considerar o efeito gamma.

Pode-se dizer também que este trabalho foi de grande valia para a empresa em questão, pois através deste estudo sobre Vega Risk foi possível um melhor entendimento da influência das opções no VaR, além de contribuir no desenvolvimento do sistema de risco da empresa.

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER, CAROL. “Pricing, Hedging and Trading Financial Instruments”. Cambridge, 2003.

BLACK, F.; SCHOLES, M. “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”. Journal of Political Economy 81, p. 637-659, Maio-Junho 1973.

COSTA, CÉSAR LAURO DA. “Operando a Volatilidade”. São Paulo, 1998.

FIGUEIREDO, A. C. “Introdução aos Derivativos”. São Paulo, 2005.

FRANCO, THALLES ALMEIDA. “Formação de Carteiras de Ações Baseada em Análise Fundamentalista Multifatorial”. Trabalho de Formatura para obtenção do título de Engenheiro de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

HULL, JOHN C. “Options, Futures, and Other Derivatives Securities”. University of Toronto, 1993.

JORION, PHILIPPE. “Value at Risk: A nova Fonte de Referência para o Controle do Risco de Mercado”. São Paulo, 1994.

J.P. MORGAN/REUTERS. “Risk Metrics – Technical Document”. New York, 1996.

MALZ, ALLAN M. “Vega Risk and the Smile”. New York, 2000/2001.

MOLLICA, MARCO. “Gerenciamento de Risco: Uma Comparação entre Métodos de Avaliação”. 2001.

NATENBERG, SHELDON. “Option Volatility & Pricing”. Chicago, 1994.

NELKEN, ISRAEL. “Volatility in the Capital Markets”. Chicago, 2001.

REBONATO, RICARDO. “Volatility and Correlation: The Perfect Hedger and the Fox”
London, 2004.

SANTOS, BRUNO LUIZ DE MIRANDA. “Medidas de Risco em Carteiras de Ativos Financeiros”. Trabalho de Formatura para obtenção do título de Engenheiro de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

TOMPKINS, ROBERT G. “Option Analysis”. Chicago, 1994.

TRISUZZI, VITO. “Análise de Volatilidades Implícitas Através de Métodos Bayesianos”.
Trabalho de Formatura para obtenção do título de Engenheiro de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007

ANEXOS

ANEXO A – TABELA NORMAL



Tabela da Distribuição Normal

Area under the Normal Curve from $-\infty$ to Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4.0	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

ANEXO B – VALORES DO DÓLAR EM (R\$/US\$)

Data	Dolar Spot	Data	Dolar Spot	Data	Dolar Spot
1-Apr-08	1.7444	6-Jun-08	1.6341	13-Aug-08	1.6115
2-Apr-08	1.727	9-Jun-08	1.6262	14-Aug-08	1.6236
3-Apr-08	1.717	10-Jun-08	1.6455	15-Aug-08	1.638
4-Apr-08	1.7095	11-Jun-08	1.6408	18-Aug-08	1.6394
7-Apr-08	1.7039	12-Jun-08	1.6342	19-Aug-08	1.6234
8-Apr-08	1.6935	13-Jun-08	1.6355	20-Aug-08	1.6185
9-Apr-08	1.6885	16-Jun-08	1.6247	21-Aug-08	1.609
10-Apr-08	1.684	17-Jun-08	1.6073	22-Aug-08	1.627
11-Apr-08	1.6906	18-Jun-08	1.6063	25-Aug-08	1.6312
14-Apr-08	1.687	19-Jun-08	1.603	26-Aug-08	1.6288
15-Apr-08	1.6832	20-Jun-08	1.6057	27-Aug-08	1.6219
16-Apr-08	1.6619	23-Jun-08	1.6115	28-Aug-08	1.6324
17-Apr-08	1.6577	24-Jun-08	1.6028	29-Aug-08	1.6315
18-Apr-08	1.669	25-Jun-08	1.5915	1-Sep-08	1.6497
21-Apr-08	1.664	26-Jun-08	1.6041	2-Sep-08	1.6592
22-Apr-08	1.6602	27-Jun-08	1.594	3-Sep-08	1.6775
23-Apr-08	1.6579	30-Jun-08	1.6037	4-Sep-08	1.7175
24-Apr-08	1.67	1-Jul-08	1.598	5-Sep-08	1.716
25-Apr-08	1.6667	2-Jul-08	1.6086	8-Sep-08	1.736
28-Apr-08	1.6884	3-Jul-08	1.6137	9-Sep-08	1.777
29-Apr-08	1.7044	4-Jul-08	1.607	10-Sep-08	1.7878
30-Apr-08	1.6629	7-Jul-08	1.6015	11-Sep-08	1.8123
1-May-08	1.6626	8-Jul-08	1.612	12-Sep-08	1.781
2-May-08	1.6498	9-Jul-08	1.6095	15-Sep-08	1.8149
5-May-08	1.658	10-Jul-08	1.605	16-Sep-08	1.808
6-May-08	1.6597	11-Jul-08	1.601	17-Sep-08	1.8892
7-May-08	1.6892	14-Jul-08	1.5948	18-Sep-08	1.8965
8-May-08	1.6928	15-Jul-08	1.5931	19-Sep-08	1.8298
9-May-08	1.6851	16-Jul-08	1.5966	22-Sep-08	1.8032
12-May-08	1.6645	17-Jul-08	1.5982	23-Sep-08	1.8465
13-May-08	1.6557	18-Jul-08	1.5893	24-Sep-08	1.8596
14-May-08	1.663	21-Jul-08	1.5813	25-Sep-08	1.8206
15-May-08	1.6545	22-Jul-08	1.5792	26-Sep-08	1.8445
16-May-08	1.641	23-Jul-08	1.5836	29-Sep-08	1.9634
19-May-08	1.6487	24-Jul-08	1.5781	30-Sep-08	1.9046
20-May-08	1.6495	25-Jul-08	1.5728	1-Oct-08	1.9176
21-May-08	1.6582	28-Jul-08	1.5757	2-Oct-08	2.0206
22-May-08	1.6582	29-Jul-08	1.5686	3-Oct-08	2.044
23-May-08	1.6593	30-Jul-08	1.562	6-Oct-08	2.179
26-May-08	1.6587	31-Jul-08	1.5654	7-Oct-08	2.311
27-May-08	1.6705	1-Aug-08	1.56	8-Oct-08	2.3342
28-May-08	1.6547	4-Aug-08	1.5619	9-Oct-08	2.2826
29-May-08	1.637	5-Aug-08	1.5746	10-Oct-08	2.313
30-May-08	1.627	6-Aug-08	1.5775	13-Oct-08	2.144
2-Jun-08	1.6315	7-Aug-08	1.5971	14-Oct-08	2.0963

3-Jun-08	1.6286	8-Aug-08	1.6087	15-Oct-08	2.2265
4-Jun-08	1.6287	11-Aug-08	1.6236	16-Oct-08	2.1335
5-Jun-08	1.6264	12-Aug-08	1.6226	17-Oct-08	2.119

ANEXO C – TABELA DE VOLATILIDADE HISTÓRICA DAS ATM'S DE PRAZO FIXO

Data	15D	1M	2M	3M	6M	9M	1Y	2Y
17-Oct-08	55.00%	49.00%	38.25%	32.00%	26.55%	23.61%	22.00%	22.00%
16-Oct-08	61.00%	55.00%	44.91%	38.86%	30.36%	26.33%	26.00%	25.00%
15-Oct-08	62.00%	56.60%	44.55%	36.33%	27.65%	26.00%	26.00%	25.00%
14-Oct-08	50.00%	46.00%	35.68%	29.36%	26.00%	26.00%	26.00%	25.00%
13-Oct-08	50.00%	46.15%	36.55%	32.43%	29.33%	27.30%	27.76%	25.00%
10-Oct-08	72.00%	69.50%	58.18%	46.86%	32.25%	29.00%	27.90%	25.02%
9-Oct-08	60.00%	57.50%	48.18%	41.29%	30.80%	29.00%	27.90%	25.03%
8-Oct-08	62.00%	60.40%	52.18%	45.71%	39.93%	38.93%	37.45%	34.05%
7-Oct-08	48.00%	47.25%	42.09%	38.74%	26.85%	24.87%	21.95%	21.00%
6-Oct-08	44.00%	43.30%	36.36%	33.29%	23.70%	21.91%	20.00%	20.00%
3-Oct-08	35.50%	35.50%	28.82%	25.00%	19.50%	19.98%	18.57%	18.00%
2-Oct-08	33.00%	33.00%	26.75%	23.27%	18.62%	18.10%	17.13%	17.10%
1-Oct-08	26.00%	26.00%	22.00%	20.18%	17.62%	17.50%	17.13%	17.10%
30-Sep-08	26.00%	26.00%	22.00%	20.27%	17.62%	17.50%	17.14%	17.10%
29-Sep-08	39.13%	31.96%	24.59%	22.75%	19.09%	18.40%	18.40%	18.40%
26-Sep-08	32.67%	27.89%	22.30%	19.70%	16.91%	16.80%	16.74%	16.50%
25-Sep-08	25.48%	23.09%	20.05%	17.93%	16.20%	16.20%	16.20%	16.20%
24-Sep-08	29.32%	25.88%	21.38%	19.05%	16.50%	16.30%	16.30%	16.30%
23-Sep-08	29.32%	25.88%	21.38%	19.05%	16.50%	16.30%	16.30%	16.30%
22-Sep-08	25.13%	22.79%	19.50%	17.74%	15.80%	15.90%	15.80%	15.00%
19-Sep-08	22.34%	20.52%	17.87%	16.41%	14.40%	14.40%	14.50%	14.50%
18-Sep-08	24.92%	21.96%	18.75%	16.73%	14.80%	14.50%	14.50%	14.50%
17-Sep-08	30.88%	27.14%	21.53%	18.82%	15.59%	15.50%	15.50%	15.10%
16-Sep-08	22.10%	19.71%	16.45%	15.44%	14.60%	14.50%	14.50%	14.50%
15-Sep-08	22.00%	19.89%	16.63%	15.68%	14.35%	14.34%	14.30%	14.47%
12-Sep-08	22.00%	19.89%	16.63%	15.68%	14.35%	14.34%	14.30%	14.47%
11-Sep-08	19.00%	17.92%	15.48%	14.32%	13.47%	13.60%	13.94%	14.47%
10-Sep-08	18.50%	17.46%	15.15%	13.97%	13.73%	14.00%	14.22%	14.47%
9-Sep-08	17.10%	16.31%	14.28%	13.44%	12.90%	13.22%	13.72%	14.47%
8-Sep-08	17.20%	16.52%	14.35%	13.46%	12.52%	12.95%	13.54%	14.46%
5-Sep-08	14.60%	14.25%	12.92%	12.58%	11.92%	12.54%	13.11%	14.43%
4-Sep-08	14.90%	14.64%	12.88%	12.47%	12.40%	12.71%	13.10%	14.42%
3-Sep-08	13.80%	13.68%	12.85%	12.09%	12.02%	12.70%	12.90%	14.42%
2-Sep-08	11.50%	11.47%	11.15%	11.15%	11.20%	12.00%	12.59%	14.22%
1-Sep-08	10.90%	10.89%	10.60%	10.60%	11.00%	11.80%	12.89%	14.21%
29-Aug-08	13.80%	13.68%	12.85%	12.09%	12.02%	12.70%	12.90%	14.42%
28-Aug-08	10.10%	10.10%	9.93%	10.04%	10.67%	11.64%	12.51%	14.05%
27-Aug-08	10.71%	10.36%	10.18%	10.24%	10.67%	11.63%	12.54%	14.05%
26-Aug-08	10.67%	10.22%	10.18%	10.20%	10.78%	11.70%	12.57%	14.05%
25-Aug-08	10.70%	10.55%	10.42%	10.40%	10.94%	11.74%	12.50%	14.05%
22-Aug-08	10.45%	10.35%	10.15%	10.10%	10.91%	11.73%	12.49%	14.05%
21-Aug-08	10.25%	10.16%	10.04%	10.10%	10.93%	11.69%	12.60%	14.50%
20-Aug-08	10.20%	10.20%	10.17%	10.27%	11.16%	12.03%	12.75%	14.50%

19-Aug-08	10.54%	10.49%	10.45%	10.53%	11.31%	12.05%	12.75%	14.50%
18-Aug-08	10.87%	10.72%	10.66%	10.85%	11.63%	12.50%	13.14%	14.74%
15-Aug-08	11.18%	10.93%	10.54%	10.50%	11.42%	12.29%	13.01%	14.74%
14-Aug-08	11.60%	11.28%	10.78%	10.60%	11.56%	12.46%	13.29%	14.74%
13-Aug-08	10.50%	10.45%	10.43%	10.54%	11.60%	12.45%	13.29%	14.74%
12-Aug-08	10.50%	10.50%	10.53%	10.63%	11.76%	12.63%	13.29%	14.75%
11-Aug-08	10.80%	10.80%	10.78%	10.76%	11.76%	12.55%	13.28%	14.75%
8-Aug-08	11.20%	11.07%	10.78%	10.78%	11.76%	12.54%	13.27%	14.75%
7-Aug-08	11.30%	11.23%	10.95%	10.75%	11.93%	12.52%	13.10%	14.75%
6-Aug-08	9.70%	9.77%	10.01%	10.14%	11.41%	12.30%	13.10%	14.74%
5-Aug-08	9.25%	9.31%	9.65%	10.02%	11.20%	12.20%	13.10%	14.74%
4-Aug-08	9.00%	9.07%	9.54%	9.80%	11.20%	12.20%	13.09%	14.74%
1-Aug-08	8.80%	8.86%	9.54%	10.00%	11.20%	12.20%	13.07%	14.74%
31-Jul-08	9.10%	9.10%	9.58%	9.97%	11.07%	12.17%	13.11%	14.74%
30-Jul-08	9.42%	9.45%	9.77%	10.19%	11.32%	12.28%	13.12%	14.73%
29-Jul-08	9.46%	9.54%	9.91%	10.20%	11.33%	12.26%	13.16%	14.73%
28-Jul-08	8.68%	9.20%	9.85%	10.13%	11.40%	12.32%	13.10%	14.73%
25-Jul-08	8.57%	9.14%	9.90%	10.39%	11.63%	12.63%	13.17%	14.73%
24-Jul-08	8.89%	9.36%	10.04%	10.41%	11.91%	12.73%	13.31%	14.72%
23-Jul-08	8.90%	9.55%	10.36%	10.93%	12.09%	12.98%	13.81%	15.55%
22-Jul-08	8.89%	9.41%	10.25%	10.93%	12.16%	12.98%	13.81%	15.69%
21-Jul-08	9.16%	9.73%	10.58%	11.03%	12.16%	13.02%	13.80%	15.69%
18-Jul-08	9.39%	9.89%	10.60%	11.03%	12.16%	13.08%	13.74%	15.50%
17-Jul-08	9.64%	10.02%	10.55%	10.96%	12.31%	13.18%	13.83%	15.40%
16-Jul-08	10.00%	10.29%	10.71%	11.03%	12.20%	13.04%	13.73%	15.11%
15-Jul-08	9.75%	10.01%	10.53%	10.92%	12.12%	12.97%	13.73%	15.10%
14-Jul-08	9.90%	10.16%	10.66%	10.97%	12.21%	13.14%	13.73%	14.41%
11-Jul-08	9.70%	9.89%	10.40%	10.84%	12.16%	12.87%	13.63%	14.41%
10-Jul-08	10.10%	10.16%	10.41%	10.78%	11.94%	12.68%	13.71%	14.40%
9-Jul-08	10.30%	10.34%	10.54%	10.90%	12.03%	12.86%	13.71%	14.40%
8-Jul-08	10.30%	10.34%	10.54%	10.90%	12.03%	12.86%	13.71%	14.40%
7-Jul-08	10.65%	10.65%	10.72%	11.00%	12.16%	12.95%	13.71%	14.40%
4-Jul-08	10.45%	10.49%	10.75%	11.04%	12.11%	12.89%	13.70%	14.40%
3-Jul-08	10.60%	10.60%	10.71%	11.02%	12.09%	12.84%	13.58%	14.40%
2-Jul-08	10.60%	10.61%	10.80%	11.10%	12.31%	13.07%	13.78%	14.40%
1-Jul-08	11.00%	11.00%	11.10%	11.29%	12.36%	13.07%	13.78%	14.40%
30-Jun-08	11.20%	11.20%	11.30%	11.57%	12.55%	13.36%	13.96%	14.40%
27-Jun-08	10.80%	10.80%	11.13%	11.38%	12.55%	13.26%	13.94%	14.40%
26-Jun-08	12.64%	11.68%	11.38%	11.60%	12.53%	13.35%	13.90%	14.40%
25-Jun-08	10.97%	11.07%	11.33%	11.71%	12.65%	13.34%	13.97%	14.40%
24-Jun-08	10.86%	10.96%	11.30%	11.84%	12.74%	13.40%	13.97%	14.40%
23-Jun-08	10.84%	11.01%	11.25%	11.78%	12.70%	13.44%	14.02%	14.40%
20-Jun-08	10.87%	11.01%	11.24%	11.78%	12.80%	13.59%	14.10%	14.86%
19-Jun-08	11.10%	11.37%	11.71%	12.10%	12.96%	13.60%	14.19%	14.78%
18-Jun-08	11.10%	11.49%	11.90%	12.11%	12.95%	13.35%	13.64%	14.15%
17-Jun-08	10.78%	10.90%	11.05%	11.25%	11.98%	12.69%	13.43%	14.15%
16-Jun-08	10.32%	10.51%	10.80%	10.99%	11.74%	12.49%	12.94%	13.37%
13-Jun-08	10.30%	10.59%	10.95%	11.05%	11.74%	12.42%	12.84%	13.37%
12-Jun-08	10.70%	10.82%	11.03%	11.14%	11.80%	12.33%	12.59%	12.80%
11-Jun-08	10.70%	10.78%	10.97%	11.17%	11.78%	12.25%	12.59%	12.80%
10-Jun-08	11.10%	11.17%	11.34%	11.46%	11.75%	12.20%	12.40%	12.77%
9-Jun-08	11.40%	11.49%	11.67%	11.65%	12.05%	12.20%	12.32%	12.76%
6-Jun-08	11.10%	11.10%	11.10%	11.14%	11.62%	12.00%	12.10%	12.76%
5-Jun-08	11.10%	11.10%	11.10%	11.14%	11.62%	12.00%	12.10%	12.76%

4-Jun-08	11.10%	11.15%	11.41%	11.60%	11.71%	12.00%	12.20%	12.76%
3-Jun-08	11.10%	11.15%	11.41%	11.60%	11.71%	12.00%	12.20%	12.76%
2-Jun-08	11.75%	11.76%	11.90%	11.90%	12.00%	12.10%	12.10%	12.76%
30-May-08	12.20%	12.19%	12.00%	12.00%	12.15%	12.30%	12.68%	13.57%
29-May-08	12.70%	12.70%	12.48%	12.27%	12.15%	12.30%	12.65%	13.56%
28-May-08	13.10%	12.73%	12.53%	12.24%	12.10%	12.20%	12.65%	13.55%
27-May-08	14.16%	13.01%	12.63%	12.44%	12.36%	12.40%	12.70%	13.55%
26-May-08	12.87%	12.81%	12.63%	12.45%	12.36%	12.49%	12.70%	13.55%
23-May-08	12.31%	12.34%	12.47%	12.42%	12.36%	12.49%	12.70%	13.55%
21-May-08	12.68%	12.63%	12.60%	12.48%	12.37%	12.60%	12.70%	13.53%
20-May-08	12.96%	12.83%	12.66%	12.57%	12.43%	12.60%	12.70%	13.53%
19-May-08	12.98%	12.88%	12.68%	12.57%	12.38%	12.60%	12.70%	13.52%
16-May-08	12.90%	12.84%	12.72%	12.60%	12.40%	12.65%	12.70%	13.14%
15-May-08	12.95%	12.88%	12.71%	12.58%	12.39%	12.50%	12.56%	13.14%
14-May-08	12.70%	12.68%	12.61%	12.55%	12.38%	12.50%	12.56%	13.14%
13-May-08	13.00%	12.85%	12.61%	12.53%	12.38%	12.50%	12.56%	13.13%
12-May-08	13.00%	12.89%	12.64%	12.51%	12.35%	12.50%	12.57%	13.13%
9-May-08	13.40%	13.23%	12.78%	12.54%	12.35%	12.38%	12.56%	13.13%
8-May-08	13.50%	13.38%	12.98%	12.86%	12.46%	12.50%	12.55%	13.13%
7-May-08	13.60%	13.50%	13.15%	12.87%	12.45%	12.50%	12.55%	13.13%
6-May-08	13.20%	13.12%	12.77%	12.59%	12.40%	12.40%	12.55%	13.13%
5-May-08	12.40%	12.40%	12.42%	12.50%	12.40%	12.40%	12.50%	13.12%
2-May-08	12.70%	12.70%	12.64%	12.60%	12.45%	12.60%	12.80%	13.12%
30-Apr-08	13.60%	13.60%	13.30%	13.01%	12.70%	12.78%	12.80%	13.54%
29-Apr-08	13.00%	13.00%	12.86%	12.72%	12.60%	12.68%	12.78%	13.54%
28-Apr-08	13.12%	13.02%	13.00%	12.92%	12.70%	12.70%	12.70%	12.82%
25-Apr-08	12.05%	12.40%	12.59%	12.56%	12.50%	12.50%	12.60%	12.82%
24-Apr-08	12.30%	12.59%	12.71%	12.70%	12.72%	12.80%	12.96%	13.20%
23-Apr-08	12.33%	12.58%	12.77%	12.80%	12.80%	12.88%	12.90%	13.20%
22-Apr-08	12.19%	12.42%	12.62%	12.65%	12.78%	12.88%	13.06%	13.20%
18-Apr-08	12.23%	12.34%	12.47%	12.62%	12.80%	12.95%	13.06%	13.20%
17-Apr-08	12.76%	12.83%	12.90%	12.80%	12.84%	12.90%	13.00%	13.00%
16-Apr-08	13.00%	12.95%	12.88%	12.78%	12.74%	12.86%	13.00%	13.00%
15-Apr-08	13.50%	13.35%	13.10%	12.91%	12.53%	12.55%	12.60%	12.70%
14-Apr-08	12.80%	12.78%	12.70%	12.63%	12.53%	12.50%	12.60%	12.70%
11-Apr-08	12.60%	12.66%	12.75%	12.73%	12.57%	12.50%	12.60%	12.70%
10-Apr-08	12.90%	12.90%	12.89%	12.80%	12.58%	12.50%	12.60%	12.70%
9-Apr-08	12.80%	12.77%	12.70%	12.69%	12.48%	12.40%	12.50%	12.70%
8-Apr-08	12.20%	12.20%	12.25%	12.40%	12.39%	12.40%	12.62%	13.00%
7-Apr-08	12.40%	12.43%	12.56%	12.58%	12.50%	12.40%	12.61%	13.00%
4-Apr-08	12.40%	12.43%	12.56%	12.58%	12.50%	12.40%	12.61%	13.00%
3-Apr-08	13.00%	12.97%	12.80%	12.78%	12.70%	12.70%	12.80%	13.00%
2-Apr-08	13.80%	13.78%	13.40%	13.24%	13.10%	13.00%	13.19%	13.89%
1-Apr-08	14.20%	14.20%	13.50%	13.40%	13.21%	13.11%	13.29%	13.89%