

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

CUSTO DO DELTA HEDGE: UMA AVALIAÇÃO EMPÍRICA

Aluno: Ricardo de Abreu Miranda
Matrícula No: 0212652

Orientador: Alexey T. S. Wanick

Tutor: Juliano Assunção

Novembro de 2008

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

CUSTO DO DELTA HEDGE: UMA AVALIAÇÃO EMPÍRICA

Aluno: Ricardo de Abreu Miranda
Matrícula No: 0212652

Orientador: Alexey T. S. Wanick

Tutor: Juliano Assunção

Novembro de 2008

"Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor".

"As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor."

Agradecimentos:

Aos meus colegas de faculdade, que passado o período de quatro anos de convivência, se tornaram amigos que levo para a vida toda. Em especial para o Rafael e a Paula, pois, sem eles, um com seu mau humor e a outra com seu carinho, não estaria aqui nesse momento.

Aos meus professores, educadores e exemplos de profissionais, e, em especial, ao meu orientador, pelo crédito a mim conferido como depositário de seus conhecimentos e co-construtor de novos saberes.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. DERIVATIVOS.....	11
2.1. MERCADO DE DERIVATIVOS BRASILEIRO	12
2.2. DEFINIÇÃO DE DERIVATIVOS.....	13
2.2.1. <i>Funcionamento dos mercados de Derivativos</i>	14
3. MERCADO DE CÂMBIO	16
3.1. MOVIMENTOS RECENTES DO CÂMBIO	16
3.2. MOVIMENTO DO DÓLAR USADO NO TRABALHO	17
4. HEDGE	19
4.1. RISCO DAS EMPRESAS AO CÂMBIO.....	19
4.2. DERIVATIVOS DE CÂMBIO.....	20
5. SEGURO DINÂMICO DE PORTFÓLIO	22
5.1. OPÇÃO SINTÉTICA	23
5.2. DINÂMICA DO SEGURO E REBALANCEAMENTO DA CARTEIRA	24
5.3. APLICAÇÃO NO MERCADO DE CÂMBIO E METODOLOGIA DO TESTE.....	25
6. RESULTADOS	29
6.1. RESULTADOS ESPERADOS	29
6.2. RESULTADOS ENCONTRADOS	30
7. CONCLUSÃO	37
BIBLIOGRAFIA	39

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas no fechamento do swap, em 30/09/2008	31
Tabela 2: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças	31
Tabela 3: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas. Posição em 12/05/2008.....	32
Tabela 4: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças	32
Tabela 5: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas. Posição em 09/06/2008.....	32
Tabela 6: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças	32
Tabela 7: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas. Posição em 07/07/2008.....	33
Tabela 8: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças	33
Tabela 9: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas. Posição em 04/08/2008.....	33
Tabela 10: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças	33
Tabela 11: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas. Posição em 01/09/2008.....	34
Tabela 12: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças	34

Lista de Figuras

Figura 1: Cotações do Dólar Futuro durante o período de 31/março/2008 a 30/setembro/2008	17
Figura 2: Cotação do Dólar (“Preço”) x Evolução da diferença entre o resultado da carteira teórica e da simulado via opção sintética (“Var.”). Rebalanceamento feito diariamente.	35
Figura 3: Cotação do Dólar (“Preço”) x Evolução da diferença entre o resultado da carteira teórica e da simulado via opção sintética (“Var.”). Rebalanceamento feito a cada três dias.....	35

1. Introdução

O mercado de derivativos de crédito no Brasil se desenvolveu muito nos últimos anos. Dados da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) mostram que o número de contratos de Dólar futuro negociados no mercado brasileiro subiu de 4.835.213 no ano de 2001 para 84.774.568 no ano de 2007, um crescimento anual superior a 60% no período. Grande parte desse crescimento, assim como de outros tipos de derivativos, pode ser creditado ao uso destes instrumentos financeiros por empresas exportadoras, que por terem suas receitas em diferentes moedas, estão expostas ao risco de variações cambiais.

Esse movimento levou as instituições financeiras a criarem uma gama de novos produtos de proteção cambial a serem ofertados aos investidores, produtos esses que acabam deixando-as expostas à mesma variação cambial para a qual oferecem proteção. Exemplos de produtos como esses são empréstimos denominados em Dólar, Swaps com Cap e Swaps com limitadores de baixa. Esses produtos movimentam o mercado de capitais (fluxos entre captadores e investidores), e exigem das tesourarias novas formas de cobertura de riscos para suas operações, uma vez que esses podem gerar uma exposição cambial indesejada.

Atualmente encontram-se disponíveis na literatura acadêmica, e aplicadas no mercado financeiro, diversas estratégias de hedge. Uma linhagem deste tipo de operação é chamada de Seguro Dinâmico de Portfólio, e tem por objetivo proteger o valor de um investimento, limitando suas perdas em ocasião de um ambiente de queda dos preços do ativo investido (evitando que o mesmo caia abaixo de um piso definido previamente), sem impor limitações às suas oportunidades de ganho no caso de um ambiente de alta de preços.

Os primeiros trabalhos a respeito desse tipo de seguro de portfólio, que acabaram por servirem de base posteriormente a diversas outras técnicas e estratégias, foram feitos por Leland (1980) e Rubinstein & Leland (1981).

O Seguro Dinâmico de Portfólio foi inicialmente divulgado como uma proteção para carteiras de investimentos de renda variável contra movimentos adversos do mercado através de uma técnica dinâmica de replicação de opções (as chamadas opções sintéticas). A ausência de opções de longo prazo com liquidez justificaria a técnica de replicação no lugar da simples compra de opções existentes. O fato de a obtenção destas opções sintéticas (replicadas) ocorrerem através de um ajuste dinâmico ao longo do

período segurado é o que levou esta estratégia a ser conhecida como Seguro Dinâmico de Portfólio.

Esta técnica foi amplamente utilizada nos EUA a partir de meados da década de 80. Segundo Lemgruber et al. (1991)¹ uma edição de outubro de 1987 do Wall Street Journal dava conta de que no mês anterior (setembro de 1987) o valor total de portfólios protegidos através dessa estratégia na Chicago Mercantile Exchange chegava a mais de US\$60 bilhões. A popularidade dessa técnica era tão grande na época que, como a mesma envolve a compra/venda de ações em lugar da negociação de opções, chegou-se a especular a possibilidade dela ser uma das responsáveis, ou ao menos de ter exacerbado, o colapso da bolsa de valores americana ocorrida no dia 19 de outubro de 1987 (conhecida como “segunda-feira negra”). Essa acusação adviria do fato de que se o preço à vista do ativo cai, o modelo “ordena” a venda das ações; assim, num mercado em baixa, as carteiras seguradas ampliam a tendência de baixa, e na ocasião era bastante grande o volume de carteiras seguradas por essa metodologia. Em um relatório feito na ocasião por uma comissão de investigação do Congresso Americano concluiu-se que a queda a vertiginosa do mercado no dia 19 de outubro pode ter sido ampliada pela enorme quantidade de ordens de vendas emitidas pelos investidores protegidos pela estratégia do Seguro Dinâmico de Portfólio ao buscarem proteção contra a queda sofrida pelo mercado na semana anterior. Todavia, os autores criadores da estratégia argumentaram posteriormente em Rubinstein (1988) e Leland (1988) que a queda dos preços e o conseqüente colapso da bolsa haviam sido causados, primariamente, pela inabilidade do mercado em oferecer liquidez nas operações nos volumes demandados pelos investidores.

Esta estratégia de Seguro, apesar de ter surgido com o objetivo de proteger carteiras de renda variável, pode ter seu uso estendido para a proteção de diversos tipos de portfólio e posições.

Como um exemplo disso, este trabalho simulará a proteção de uma carteira hipotética, de posição comprada em Dólar, utilizando a técnica do Seguro Dinâmico de Portfólio (cuja metodologia será descrita posteriormente). Esta carteira consiste em uma simulação da posição de um banco na ocasião do firmamento de um contrato de swap cambial com uma empresa exportadora.

¹ LEMCRUBER, Eduardo Facó, BECKER, João Luiz e FELÍCIO, Rousely Freire. Seguro Dinâmico de Portfólio. Revista Brasileira de Economia (RBE) n.45, 1991.

Neste contrato, a empresa se compromete a pagar em uma data previamente definida um valor em Dólares enquanto o banco, em contrapartida, se compromete a pagar um valor em Reais, ganhando um *spread* negociado (taxa acima do cobrado do mercado relativa ao risco de a empresa não conseguir honrar seus compromissos). Nessa situação a empresa fica em uma posição dita *ativa* na moeda brasileira, enquanto o banco fica em uma posição *ativa* em Dólar. Nesta última, como a instituição financeira irá receber um valor em Dólares, uma apreciação (aumento na cotação) deste irá acarretar ganhos maiores no vencimento do contrato. Podemos simplificar sua exposição ao câmbio dizendo que a mesma se encontra comprada em Dólar. Neste caso, teoricamente, para se proteger seria necessária apenas a compra de uma opção de venda de Dólar. Essa estratégia, porém, fica limitada pelas características necessárias nessas opções para servirem como hedge, já que prazos, vencimentos e até a liquidez das opções comercializadas nas Bolsas podem não coincidirem com os necessários.

É neste ponto que sentimos a necessidade da utilização de opções sintéticas, o que faremos através da estratégia de Seguro Dinâmico, com a montagem de uma carteira composta por uma posição comprada em Dólares e uma aplicação em renda fixa.

Pelo fato do valor do ativo (nesse caso, o Dólar), e conseqüentemente da opção sintética, mudarem a todo instante, esta carteira precisa ser rebalanceada constantemente, para que a proteção exercida pela opção sintética se mantenha. Isto é feito transferindo-se constantemente recursos entre a aplicação de renda fixa e a posição no ativo (através da compra ou venda deste e retirada ou aplicação na renda fixa). Como esse ajuste entre o valor monetário e a posição no ativo na prática não ocorre a todo instante, o valor final do custo do hedge não é igual ao valor que custaria a opção, o que acarreta em uma perda de eficiência da proteção, ficando esta dependente da frequência com que o ajuste ocorre.

Para verificação desse efeito, serão realizadas, neste trabalho, diversas simulações de Seguro Dinâmico, variando, em cada simulação, a frequência de rebalanceamento do delta hedging (onde transferimos os recursos aplicados na taxa de juros livre de risco para a posição no ativo ou o inverso, a fim de refletirmos o novo delta definido para aquele instante). Com estas simulações pretende-se testar os efeitos da frequência dos ajustes do hedge no desempenho final do portfólio, comparando o resultado final da carteira criada com a opção sintética com a carteira que se teria com uma opção operada no mercado, de forma a inferir sobre a real necessidade de rebalanceamento do hedge para o mercado de câmbio.

Para melhor compreensão do tema, este trabalho está estruturado da seguinte maneira: nos capítulos dois, três e quatro iremos apresentar, respectivamente, o mercado de derivativos, suas principais características e modo de funcionamento, o mercado de câmbio, um pouco de sua história, e uma explicação sobre as operações de hedge, mais especificamente o hedge de câmbio. Na quinta sessão abordaremos com mais detalhes o Seguro Dinâmico de Portfólio, de forma teórica, apresentando sua metodologia, e na sexta sessão iremos mostrar de forma prática, apresentando as simulações realizadas neste trabalho com diferentes intervalos de rebalanceamento de carteira.

2. Derivativos

Até os anos 70, o mercado de derivativos se limitava a *commodities* agrícolas e minerais, envolvendo sempre a entrega física dos bens no vencimento. Com a chegada dos contratos futuros na bolsa houve uma mudança radical na forma de operação, pois estes não requeriam a entrega física do ativo no fim de sua validade.

Durante as últimas três décadas, os derivativos tiveram um crescimento espetacular graças à redução da regulamentação, ao desenvolvimento de inovações tecnológicas e ao aumento dos fluxos de capitais. A marca registrada desse desenvolvimento foi a securitização. Ela permitiu aos bancos, que antes faziam empréstimos e os mantinham em suas carteiras, empacotá-los e revendê-los. Ao mesmo tempo, a criatividade computacional multiplicou os derivativos e abriu oportunidades para que poupadores e tomadores de empréstimos desencanaixotassem e negociassem todo tipo de risco financeiro. De acordo com o Bank for International Settlements (BIS), o valor nocional dos contratos globais no final de 2007 alcançava US\$ 600 trilhões (cerca de 11 vezes o PIB mundial) ².

Os derivativos começaram a ser utilizados em larga medida a partir da década de 1970 devido às grandes mudanças no contexto internacional à época. As crises do petróleo nas décadas de 70 e 80, juntamente com as mudanças no sistema mundial de câmbio (fim do acordo de Bretton Woods), que o tornaram mais livre, ocasionaram fortes mudanças nas paridades entre as moedas, ocasionando aumento da volatilidade. Como consequência deste fato, as taxas de juros também começaram a sofrer fortes oscilações, aumentando o risco para os investidores e para as políticas econômicas dos países.

Devido a essa reorganização no ambiente internacional, os agentes econômicos, notadamente as empresas multinacionais, começaram a demandar das instituições financeiras, entre outros serviços, proteção para seu investimento contra alteração na paridade das moedas.

Todas essas mudanças ocasionaram uma maior necessidade dos participantes do mercado de aprimorarem seu conhecimento e capacidade de resposta para as principais variáveis financeiras a fim de poderem planejar e conduzir melhor seus empreendimentos. É nesse contexto que a demanda das empresas por derivativos vem

² Valor Econômico, edição de 16/10/2008, Eliana Cardoso.

crescendo fortemente. Um levantamento efetuado pelo Bank of International Settlements (BIS) revela que o tamanho do mercado, levando-se em consideração apenas os derivativos de taxas de juros e de taxas de câmbio para os países do G-10 mais a Suíça, cresceu mais de 400% no período de dezembro de 1998 a dezembro de 2006³.

2.1. Mercado de derivativos Brasileiro

O Brasil possui uma bolsa de derivativos desde 1917, a Bolsa de Mercadorias de São Paulo (BMSP), fundada por industriais, fazendeiros e comerciantes. Até 1980 seu foco estava em contratos de *commodities*, quando lançou seu primeiro contrato futuro de um ativo financeiro baseado em ouro.

A BMSP não foi a única a surgir neste período no Brasil, existindo outras funcionando em paralelo, mas as principais foram a Bolsa do Rio de Janeiro e a de São Paulo, e foi nelas onde se iniciou no país a negociação de contratos de futuros e opções.

A Bolsa Mercantil de Futuros (BM&F) surgiu em 1986, negociando principalmente ouro e índices de ações. Ela se fundiu com a Bolsa de São Paulo em 1991. Em 1992 o Banco Central do Brasil permitiu a utilização de swaps por parte das empresas brasileiras para administrar seus riscos financeiros (Circular número 170 e Resolução 1.902). Em 1997 a BM&F se juntou com a Bolsa Brasileira de Futuros (BBF), se tornando a única no país com operações de mercados futuros e de outros derivativos.

Falando especificamente sobre o mercado brasileiro de derivativos de câmbio, vimos pelos dados da BM&F citados no início deste trabalho que o mesmo apresentou um crescimento vertiginoso nos últimos anos. Segundo documento do Grupo de Conjuntura da FUNDAP⁴, é possível identificar três mudanças regulatórias que fizeram aumentar o grau de abertura financeira da economia brasileira e, com isso, impulsionaram o desenvolvimento desse mercado após a adoção do câmbio flutuante em 1999, ampliando significativamente o número e o volume de contratos negociados.

Em primeiro lugar, em 2000, a Resolução n. 2.689 autorizou a participação dos investidores estrangeiros na BM&F, sem quaisquer limites (e também flexibilizou as

³ GARCIA, Fabio Drummond. "Value-at-Risk para carteiras de derivativos de câmbio em empresas regidas pela norma IAS 39". Dissertação de mestrado profissionalizante em Economia, IBMEC 2007.

⁴ FUNDAP – Fundação do Desenvolvimento Administrativo, Secretaria de Gestão Pública do Governo de São Paulo.

aplicações desses investidores estrangeiros nos mercados de ações e títulos de renda fixa). Em segundo lugar, a Resolução n. 3.452, de 26 de abril de 2007, do Conselho Monetário Nacional (CMN) alterou a regulamentação dos fundos de investimento em geral e dos fundos Multimercado, permitindo a aplicação de até 10% e 20%, respectivamente, de suas carteiras em ativos no exterior. Em terceiro lugar, mediante a Resolução n.3.456, de 30 de maio de 2007, o CMN aprovou a nova regra de aplicação dos recursos administrados pelos fundos de pensão, que foram autorizados a: (i) aplicar, até o limite de 3% dos recursos em fundos Multimercado, que podem incluir estratégias com alavancagem, aluguel de títulos e aplicação no exterior nos termos da CVM; (ii) aplicar, até o limite de 10%, em cotas de fundos de investimento classificados como fundos de dívida externa; (iii) realizar operações em mercados de derivativos com a finalidade de aumentar a eficiência da carteira de investimentos.

Vale destacar que também são negociados derivativos vinculados à taxa de câmbio do Real em mercados de balcão, onde são realizadas operações feitas sob medida pelos bancos, de acordo com demandas específicas dos seus clientes. Além dos swaps negociados no mercado doméstico (registrados na Cetip, Câmara de Custódia e Liquidação), os investidores têm acesso no exterior aos Non Deliverable Forwards (NDF) vinculados à taxa de câmbio do Real. O NDF é conceitualmente similar a uma simples operação de câmbio a termo em que as partes concordam com um montante principal, uma data e uma taxa de câmbio futura. A diferença é que não há transferência física do principal no vencimento. A liquidação financeira reflete a diferença entre a taxa de câmbio inicial e a constatada na data do vencimento e é feita em Dólar ou em outra divisa plenamente conversível⁵.

2.2. Definição de derivativos

Um derivativo é um contrato cujo valor se origina de outro ativo (chamado ativo-objeto), onde os fluxos futuros a serem pagos e recebidos pelas partes são baseados no comportamento deste ativo, possibilitando assim a comercialização de um preço futuro e conseqüentemente o controle de riscos futuros desse ativo.

Lozardo (1998)⁶ é ainda mais específico em sua definição. De acordo com ele, um derivativo pode ser definido como um título financeiro cujo preço deriva do preço

⁵ “Mercado de Câmbio em 2008”, Grupo de Conjuntura, FUNDAP.

⁶ LOZARDO, Ernesto. “Derivativos no Brasil – fundamentos e práticas”. São Paulo, 1998.

de mercado de outro ativo real ou financeiro – preço da saca de café, preço da arroba da carne bovina, preço da ação, taxa de juro, taxa de câmbio, índices ou quaisquer instrumentos financeiros aceitos para serem negociados nesse mercado.

Segundo Lemgruber et al. (2001)⁷, os produtos derivativos foram inicialmente desenvolvidos para proporcionar reduções de riscos. De fato, a busca pela redução dos riscos de incorrer em perdas inesperadas causadas pelas incertezas presentes em variáveis financeiras leva muitas empresas a montar carteiras de derivativos, já que a sua aquisição muitas vezes é semelhante à compra de um seguro.

2.2.1. Funcionamento dos mercados de Derivativos

Existem dois meios de negociação de derivativos hoje: por mercados de Balcão ou por intermédio de Bolsas.

No mercado de Balcão o contrato é fechado diretamente entre as duas partes, não existindo um local físico para a negociação. As negociações não são padronizadas, havendo assim uma liberdade maior referente aos parâmetros deste contrato, como prazo, volume, precificação e etc.

No mercado de Bolsa as operações têm seus contratos definidos e controlados por essa (Bolsa), havendo necessidade de depósito de margem para as operações, o que acarreta uma redução no risco de inadimplência e a garantia de uma regulação mais definida.

A principal vantagem do mercado de Balcão frente à Bolsa é principalmente a liberdade de definição dos parâmetros dos contratos, permitindo, assim, a melhor adequação da operação às necessidades das partes envolvidas na negociação. O mercado de Balcão é principalmente usado para operações de hedge das empresas que possuem fluxos financeiros variados, e que não se adéquam aos definidos pelas Bolsas. Por outro lado, as Bolsas possuem regras claras e contratos definidos e muito comercializados, havendo assim uma maior liquidez para caso seja necessária uma comercialização posterior daquele contrato. Nelas também vemos uma redução no risco de crédito, pois este passa a ser da Bolsa, que, entretanto, é bastante diversificada por ter operações com vários agentes.

⁷ LEMGRUBER, Eduardo Faco, DA SILVA, André Luiz Carvalhal, LEAL, Ricardo Pereira Câmara & DA COSTA JR, Newton Carneiro Affonso. “Gestão de risco e derivativos: aplicações no Brasil”. São Paulo: Atlas, 2001.

Nos mercados de Balcão os derivativos mais negociados são:

- 1) Contratos a Termo: é acordada a compra ou a venda de um determinado produto com um preço e prazo definidos
- 2) Swaps: são acordadas as trocas de fluxos de caixa futuros respeitando fórmulas pré-estabelecidas, ou seja, um acordo futuro feito no momento presente com o objetivo de eliminar descasamentos ocorridos entre ativos e passivos
- 3) Opções Flexíveis: uma parte recebe o direito de comprar ou vender um determinado ativo no futuro por um preço pré-estabelecido por um valor inicial.

Nas Bolsas temos os contratos futuros onde é acordada a compra ou venda de um ativo numa data futura a um preço determinado previamente, com estes contratos sendo todos padronizados em seus parâmetros. E temos também contratos de opções onde se é adquirido o direito de compra ou venda entre duas partes em troca de um valor inicial (prêmio da opção, como o prêmio de um seguro). Esses contratos também são padronizados, só podendo ser comercializados nessas Bolsas.

Os participantes deste mercado são classificados em três tipos: o participante para o qual o mercado foi inicialmente criado, o *hedger*, o especulador e o arbitrador.

O *hedger* busca proteger sua carteira contra oscilações do mercado, não buscando assim um ganho em sua operação, pois qualquer variação no preço do ativo futuro que estiver com posição terá uma contrapartida de igual valor, mas com posição inversa, em sua posição no mercado à vista, compensando assim qualquer que seja o resultado.

O especulador é o único tomador de risco do mercado, pois suas operações são com o objetivo de lucro, comprando um ativo futuro se acha que seu preço está depreciado e vendendo caso haja que este irá ter seu valor reduzido. São eles que muitas vezes assumem os riscos tomados pelos *hedgers*, não acabando com o risco geral do mercado, mas sim, redistribuindo-o. Sem sua presença o mercado teria muito menos liquidez para as operações.

O arbitrador, como o especulador, busca o lucro, mas através de distorções de preços dentro do mercado, não tomando, assim, um risco direto nos ativos. Ele, por exemplo, compra uma determinada ação em um país e vende em outro, aproveitando uma diferença de preços que exista entre os dois. Sua atuação é essencial para a convergência de preços no mercado como um todo.

3. Mercado de Câmbio

As grandes oscilações e incertezas do mercado de câmbio tornam o trabalho dos hedges dessas posições algo de extrema importância. Na próxima sessão iremos abordar o desenvolvimento do mercado de câmbio no Brasil nos últimos anos.

3.1. Movimentos recentes do câmbio

Desde 1994 o Brasil se tornou uma economia estabilizada, tendo sua taxa de inflação controlada e um cenário interno menos conturbado. Essa conquista se deu com o advento do Plano Real, utilizando uma política de câmbio fixo que durou até 1999 e passou por uma série de crises mundiais, como a da Argentina, México, Ásia e Rússia. Com a impossibilidade de manutenção da taxa fixa devido às crises, o país passou a adotar o sistema de câmbio flutuante.

Neste novo cenário, a moeda brasileira passou a sofrer com altas volatilidades, em especial por causa de crises tanto internas quanto externas, como o ataque terrorista de 11 de Setembro de 2001 nos Estados Unidos e a eleição presidencial brasileira de 2002.

Após a crise de 2002, junto com o crescente aumento das exportações e a política de acúmulos de reservas feita pelo governo, a moeda americana passou a se apreciar significativamente frente à brasileira.

Esta transição do regime de câmbio fixo para flutuante em 1999 - que tingiu de vermelhos muitos balanços de empresas - foi sem dúvida o momento a partir do qual as empresas se tornaram mais conscientes para a necessidade de gerenciar sua exposição cambial, principalmente com o maior uso de derivativos. É o que aponta o estudo "Política financeira das empresas e regime de taxa de câmbio: evidências do Brasil", realizado pelo Ibmec (Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais), apresentado pela Gazeta Mercantil na edição de 09/06/2008⁸.

No estudo foi analisado o nível de exposição cambial de 173 empresas de capital aberto não-financeiras e o uso de operações de derivativos entre 1996 e 2006. O estudo abrange, portanto, dois regimes cambiais diferentes, o fixo e o flutuante, após 1999. O objetivo era medir a vulnerabilidade externa das empresas, a sensibilidade do valor

⁸ CARVALHO, Jiane. "Empresas amadurecem gestão cambial". Gazeta Mercantil, edição de 09/06/2008 - Finanças & Mercados - Pág. 1.

destas companhias na bolsa em relação ao nível de exposição cambial. A conclusão central do trabalho é que o fim do câmbio fixo foi determinante no amadurecimento das políticas de gerenciamento cambial das empresas.

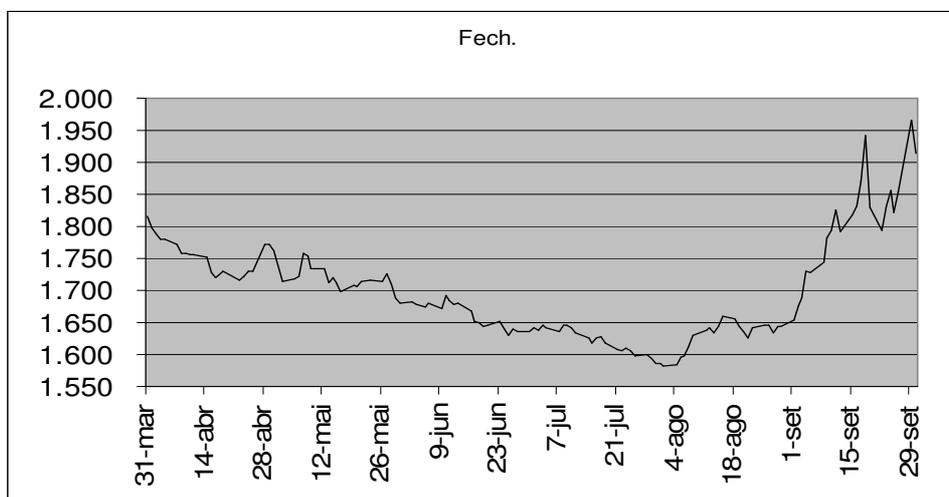
Das 173 empresas analisadas em 1996 apenas 6,93% utilizavam instrumentos de derivativos para proteger sua dívida em moeda estrangeira de variações no câmbio. Este número atingiu o seu ápice em 2002 - ano marcado por um movimento de aversão ao risco que levou o Dólar às alturas - e bateu em 38,7%. Em 2006, o percentual de empresas que utilizavam instrumentos de derivativos para a gestão de sua dívida em Dólar era de 26,5%.

Entre as conclusões do estudo estão que o câmbio fixo, até 1999, desestimulava a busca por hedge pelas empresas. Já com a mudança do regime, acabou a previsibilidade da taxa de câmbio e, principalmente, a garantia de que o governo poderia ajudar o setor privado em caso de um choque cambial.

3.2. Movimento do Dólar usado no trabalho

Neste trabalho, estaremos utilizando como hedge para o portfólio administrado pelo banco (um contrato de swap cambial) o Dólar futuro de vencimento em outubro de 2008 (DOL - V08). No gráfico abaixo vemos a o preço de fechamento deste no período de 31 de março até 29 de setembro.

Figura 1: Cotações do Dólar Futuro durante o período de 31/março/2008 a 30/setembro/2008 (dados extraídos da Bloomberg).



Assim, como vemos acima, a cotação do Dólar futuro para este vencimento teve uma constante queda no seu valor até início de agosto, aonde chegou a acumular uma desvalorização de 13% frente ao fim de março, e depois sofreu uma rápida valorização, tendo uma alta máxima de 25% frente ao seu valor mais baixo.

4. Hedge

Quando se comenta sobre a necessidade de fazer um hedge, está implícita a idéia de compensação. Em outras palavras, a empresa que está exposta a um risco financeiro pode contratar um derivativo como forma de compensar esse risco. Se ela tiver uma perda resultante de sua exposição às flutuações no preço de um determinado ativo ou passivo, ela também terá, por outro lado, um ganho no momento da liquidação de seu derivativo, o que compensará, total ou parcialmente, a perda incorrida. Se essa compensação for de 100%, ou seja, se a perda incorrida em uma ponta for totalmente compensada pelo ganho na outra, então dizemos que a empresa fez um “hedge perfeito”. Segundo Hull (1996)⁹, um hedge perfeito, que na prática é raro, é aquele que elimina completamente o risco.

Durante o curso de suas operações as empresas são freqüentemente obrigadas a tomar riscos que não estão relacionados ao negócio, às suas atividades fim, assim surge a necessidade do hedge, que possibilita à empresa manter seus ganhos e perdas ligados exclusivamente às suas especialidades. Assim, a empresa que possui ou irá possuir o ativo cujo risco de variação no valor queremos eliminar irá tomar uma posição contrária e de igual montante para se proteger de qualquer volatilidade futura nos preços do ativo que foi feito o hedge, tendo assim um ganho já definido no início da operação. Por exemplo, um produtor de café toma um empréstimo para financiar sua produção. Para impedir que uma queda considerável no preço do café inviabilize de cumprir suas obrigações ele vende um contrato futuro de café, ficando assim com o preço do momento do empréstimo.

4.1. Risco das empresas ao câmbio

Como citado anteriormente, desde a liberação cambial após o Plano Real, a crescente volatilidade do Dólar frente ao Real durante as crises se mostrou intensa, aumentando a necessidade das empresas de terem seus fluxos com risco cambial (qualquer pagamento ou receita cujo valor seja afetado pela variação do Dólar) expurgados destes efeitos, entrando, neste momento, o papel do hedge.

⁹ HULL, John. Introdução a mercados futuros e de opções. 2. ed. São Paulo : BM&F Cultura Editores Associados, 1996.

São várias as circunstâncias em que uma empresa pode ter a necessidade de realizar um hedge para uma exposição cambial. Muitas delas fazem captações no exterior em busca de taxas mais baixas do que as oferecidas pelo mercado brasileiro. Muitas das matérias primas utilizadas em produções voltadas para o mercado interno são importadas de outros países, tendo sua cotação definida no mercado internacional, em Dólar. Temos também os casos das empresas exportadoras, um segmento significativo do mercado brasileiro, que possuem seus custos em Real, mas vendem seus produtos em Dólar. Assim, temos desde captações para financiamentos de investimentos em Reais, e custos de produção até a própria receita, todos estes vulneráveis a um aumento da volatilidade do câmbio, com o potencial de afetar o resultado por fatores exógenos às decisões de produção da empresa. Por esses riscos terem características variadas, que não são encontradas nas operações comercializadas nas Bolsas (como vencimento e volume), e por essas empresas não terem equipes especializadas com o conhecimento necessário para operar nas Bolsas, elas procuram os bancos para serem suas contrapartes, absorvendo esses riscos e os zerando no mercado. Por sua parte estes bancos utilizam variados métodos a fim de fazer o hedge desses riscos, como no caso deste trabalho, o Seguro Dinâmico.

4.2. Derivativos de Câmbio

Existe um grande número de derivativos disponíveis no mercado que podem ser utilizados pelas empresas e instituições financeiras como hedge para exposições ao Dólar.

Como citado anteriormente, nos mercados de balcão temos operações de contratos a termo, swaps e opções flexíveis, todos podendo servir de hedge para o Dólar, possuindo maior liquidez os contratos de swap, onde uma parte irá pagar a flutuação do Dólar e outra os juros em Reais do período, e os NDFs (Non Deliverable Forward), que são contratos a termo sem entrega física das moedas, sendo somente entregue a diferença entre a taxa acordada no contrato com uma taxa específica no dia do vencimento. Na Bolsa de Mercadorias e Futuros encontramos os contratos futuros e opções de Dólar, mas só possuindo liquidez os com vencimentos mais curtos. A demanda por títulos públicos indexado ao Dólar é quase toda das instituições financeiras.

Vemos no trabalho de Nascimento e Novaes (2005)¹⁰ que os métodos mais utilizados pelas empresas para hedge de exposições cambiais no período de 1999 e 2003 é através de contratos de swaps cambiais. Os autores explicam isso através da análise dos dados das empresas, onde verificam que a maior parte delas que utilizaram algum derivativo de câmbio possuía dívidas associadas ao Dólar. Como estas dívidas têm pagamentos nos mais diversos vencimentos e normalmente são de prazos médios e longos, não é possível fazer o hedge nas Bolsas, onde os derivativos que possuem liquidez são curtos e de vencimentos fixos. Assim os swaps cambiais entram como a melhor opção para as empresas.

Os autores levantam também que o volume destes swaps entre as instituições financeiras e as não financeiras é muito superior aos operados entre as não financeiras. Isso é explicado pelo mesmo motivo descrito acima, pois, por as empresas possuírem diversos fluxos de características próprias, elas procuram instituições financeiras que estão dispostas a administrar estes riscos, já que possuem maior capacidade técnica.

¹⁰ NOVAES, Walter, OLIVEIRA, Fernando N. “Demanda de derivativos de câmbio no Brasil: hedge ou especulação?” IBMEC RJ Economics Discussion Paper 2005-14 Disponível em <http://professores.ibmecrj.br/erg/dp/dp.htm>.

5. Seguro Dinâmico de Portfólio

A estratégia do Seguro Dinâmico de Portfólio é uma das técnicas de hedge existentes, na qual é possível fazer o hedge de determinada carteira ou ativo (S) limitando suas perdas sem, no entanto, impor limitações às suas oportunidades de ganho.

Uma forma de garantir uma rentabilidade mínima a um portfólio comprado em uma ação no mercado a termo é comprar uma opção de venda (esta carteira [S+P] é também chamada de call sintética, pois replica o fluxo de caixa de uma posição comprada em call). Adquirindo uma put relativa ao ativo de risco que se tem em carteira, as perdas com a queda nas cotações à vista do ativo são compensadas com um ganho na opção de venda. Desta forma, no fim do período segurado (que deve coincidir com o vencimento da opção), caso o preço final do ativo seja maior que o preço de exercício da opção (K), a put perde valor e o montante final do portfólio será uma parte da valorização da ação (preço final do ativo menos o prêmio da opção, p). Caso o preço final do ativo seja menor que K, o valor da carteira será o preço de exercício menos o prêmio da put. Desta forma, ao comprarmos a put (“preço do seguro”), garantimos que o valor final da carteira seria no mínimo $\{K-p\}$ e no máximo $\{S_t - p\}$, ou seja, a perda seria limitada, mas ganho seria ilimitado, dependendo da valorização obtida pelo ativo.

Exemplificando, um produtor de café pega um empréstimo para produzir uma safra que irá vender em um ano. A venda das sacas garante o pagamento da dívida somente se o preço do café ficar acima de K (*strike*). Assim, o produtor compra uma opção de venda com o strike de K, ou seja, caso o preço do café fique abaixo de K, ele irá ganhar a diferença entre estes na opção, compensando assim a perda na venda das sacas de café e garantindo o valor necessário para o pagamento do empréstimo. Caso o preço da saca de café fique superior a K, então a opção tem seu valor igual a zero e a venda das sacas por ser a um preço acima de K garante o pagamento do empréstimo e todo o aumento do preço. Assim, com este hedge, tem-se um limitador para a perda da carteira ou ativo, mas continuasse com um ganho ilimitado.

A limitação da estratégia acima de redução de riscos, através da operação de uma opção, advém das características particulares dos fluxos de pagamentos ou receitas que precisam ter esse hedge feito. Por eles poderem possuir prazos e volumes diferentes das opções oferecidas nas Bolsas, ou mesmo por não haver liquidez para algumas, a empresa não consegue fazer esse hedge diretamente nelas. A solução para isto é a

criação de opções sintéticas, com as características necessárias para cada fluxo que se deseja fazer um hedge, como veremos na próxima seção.

5.1. Opção Sintética

Segundo Black & Scholes (1973)¹¹, é possível montar uma carteira com uma opção de venda (sendo P o seu valor) e uma parcela (Δ , a taxa de hedge da opção de venda) do ativo (S) cujo retorno é livre de risco. Tanto pela hipótese de eficiência de mercado, onde diferentes ativos com fluxos idênticos de pagamentos futuros possuem igual valor, quanto pela hipótese de ausência de oportunidades de arbitragem, pois o próprio mercado iria se regular através dos arbitradores de mercado que iram operar os ativos até os preços convergirem, o fluxo de pagamentos futuros dessa carteira $[+P + \Delta S]$ deve ser igual ao de uma aplicação financeira livre de risco no valor monetário da opção mais a parcela do ativo $\$ \{P + \Delta S\}$ ¹². Assim, temos:

$$[+P + \Delta S] = \$ \{P + \Delta S\} \quad (\text{A})$$

Como não é possível montar o termo da esquerda (posição no ativo mais a opção) pela falta de liquidez ou vencimentos compatíveis com as necessidades existentes, basta montarmos o seu equivalente em valor monetário, realizando uma aplicação financeira livre de risco representado pelo termo a direita. Para isso só precisamos das informações relativas aos valores de P , Δ e S . Os valores de S são observados no mercado (no caso deste trabalho consistem nos preços do Dólar Futuro), e quanto aos valores de P e Δ , usaremos o modelo de Black & Scholes para sua precificação. Assim, temos oriundo da equação acima:

$$[+P] = \$ \{P + \Delta S\} + [- \Delta S] \quad (\text{B})$$

¹¹ Black, F. & Scholes, M. "The pricing of options and corporate liabilities." *Journal of Political Economy*, (35) 1973.

¹² Observação sobre a notação: Utilizaremos as notações apresentadas em Lemgruber et al. (1991), onde $\$ \{x\}$ representa a aplicação financeira livre de risco com valor monetário x e $[x_1, x_2, \dots]$ representa o portfólio formado pelos ativos x_1, x_2 , etc. Além disso, um sinal positivo à frente dos ativos do portfólio significa a posse dos mesmos, ou a compra de posições. Enquanto isso um sinal negativo significa a venda de posições.

Onde podemos perceber que ter uma opção de venda em um determinado ativo possui um valor monetário igual a ter aplicado em renda fixa um valor monetário igual ao prêmio dessa opção (P) mais o valor monetário de uma parcela do valor do ativo (ΔS) mais uma parcela (Δ) de posição vendida do ativo. Ou seja, uma opção de venda significa: “... vender a fração Δ do ativo-objeto, depositado o valor recebido na venda mais o valor de uma opção de venda (prêmio da opção: P) em uma aplicação financeira livre de risco.”¹³

Um ponto de atenção é que os parâmetros Δ e P são dinâmicos, precisando de acompanhamento constante a fim de se manter o hedge, sendo feito ajuste através da compra ou venda do ativo e a aplicação (ou retirada do valor aplicado) do resultado na aplicação de renda fixa.

A taxa de hedge (Δ) de uma opção de venda, assim como o valor da própria opção de venda (P), são obtidos como função de várias variáveis básicas, entre as quais o tempo até o vencimento da opção e o seu preço de exercício. Do ponto de vista do seguro de ativos, estas duas variáveis representam o prazo e o valor segurados. Percebe-se, assim, que as opções sintéticas oferecem ao investidor uma total liberdade de escolha desses elementos, adequando o seu risco às suas necessidades (LEMGRUBER ET AL., 1991)¹⁴.

5.2. Dinâmica do Seguro e rebalanceamento da carteira

Assim, para se fazer o hedge através da técnica de Seguro Dinâmico de Portfólio uma carteira comprada em um ativo (S) é necessário montar a seguinte posição (lado direito da igualdade):

$$[S + P] = \{P + \Delta S\} + [-\Delta S] + [+S] \quad (C)$$

Manipulando (somando $[-\Delta S]$ e $[+S]$), temos:

$$[S + P] = \{P + \Delta S\} + [(1-\Delta)S] \quad (D)$$

¹³ LEMGRUBER, Eduardo Facó, BECKER, João Luiz e FELÍCIO, Rousely Freire. Seguro Dinâmico de Portfólio. Revista Brasileira de Economia (RBE) n.45, 1991.

¹⁴ Idem acima.

Uma observação que deve ser feita é que a montagem da posição acima está formulada de forma a segurar uma posição comprada em 1 unidade do ativo S (lado esquerdo da igualdade, carteira teoricamente segurada com a posse também de uma opção de venda P). Caso a carteira que desejemos segurar seja composta por mais de 1 unidade de ativo devemos multiplicar também todos os elementos (P e S) da carteira do Seguro de Portfólio (lado direito da igualdade).

Como os parâmetros P e Δ são dinâmicos, ou seja, mudam ao longo do tempo, é necessário rebalancear a carteira constantemente.

Existem duas formas de ajustar a posição sintética. A primeira consiste funciona da seguinte forma: quando houver uma valorização do preço do ativo, teremos uma queda do valor da opção, tendo assim que diminuir o valor em dinheiro aplicado na taxa juros de risco $\{P + \Delta S\}$ e aumentar a quantidade de contratos do ativo $[(1-\Delta)S]$. Quando houver uma queda no valor do ativo, teremos o caminho inverso, aumentando o valor em dinheiro aplicado na taxa juros de risco $\{P + \Delta S\}$ e diminuindo a quantidade de contratos do ativo $[(1-\Delta)S]$. Ou seja, a estratégia se resume em comprar o ativo quando o preço sobe e vender quando o preço cai, na quantidade igual ao Δ .

A segunda forma, mais empregada devido a seus baixos custos de transação, envolve a utilização de mercados futuros, e é essa que utilizaremos em nossas simulações.

5.3. Aplicação no Mercado de câmbio e Metodologia do Teste

Iremos utilizar para os testes empíricos neste trabalho, um exemplo de uma empresa exportadora que possua uma receita futura em Dólares e, por causa disso, faz um swap com um banco a fim de eliminar seu risco cambial. Assim, o banco faz um swap com a empresa onde ele (o banco) irá ficar ativo em Dólar e passivo em Reais (um aumento da cotação da moeda americana, ou seja, sua valorização irá ocasionar um ganho para o banco). Com a desvalorização do Dólar, a empresa irá ver sua receita futura em Reais diminuir, mas será compensada no swap. Já o banco irá adotar a estratégia de hedge que limita sua perda, mas não seus ganhos caso ocorra um aumento do preço do Dólar.

Os dados do swap cambial são: início em 31/03/2008, vencimento em 30/09/2008, Dólar inicial de 1.816,55 (fonte: Bloomberg).

Uma forma de garantir uma rentabilidade mínima a um portfólio comprado em Dólar no mercado a termo é comprar uma opção de venda de Dólar (esta carteira [S+P] é também chamada de call sintética, pois replica o fluxo de caixa de uma posição comprada em uma opção de compra). Vimos anteriormente que o mesmo ocorre para qualquer carteira genérica comprada em um ativo qualquer. Adquirindo uma opção de venda relativa ao ativo de risco que se tem em carteira, as perdas com a queda nas cotações à vista do ativo são compensadas com um ganho na opção de venda. Desta forma, no fim do período segurado (que deve coincidir com o vencimento da opção), caso o preço final do ativo seja maior que o preço de exercício da opção (K), a opção de venda perde valor e o montante final do portfólio será uma parte da valorização do ativo, neste caso o Dólar (preço final do ativo menos o prêmio da opção, p). Caso o preço final do ativo seja menor que Kt, o valor da carteira será o preço de exercício menos o prêmio da opção de venda. Desta forma, ao comprarmos a opção (“preço do seguro”), garantimos que o valor final da carteira seria no mínimo {Kt-pt} e no máximo {St – pt}, ou seja, a perda seria limitada, mas ganho seria ilimitado, dependendo da valorização obtida pelo ativo.

Entretanto, como opções européias com liquidez e com preço de exercício e vencimento adequados para o período que se quer fazer a proteção podem não estar disponíveis no mercado¹⁵, a técnica apresentada por Leland e Rubinstein¹⁶ e utilizada neste trabalho nos permite criar sinteticamente a opção desejada através da manutenção de uma posição dinâmica no contrato futuro e em uma aplicação de renda fixa.

Com o objetivo de segurar uma carteira hipotética contendo no início (período zero) contratos de Dólar (reproduzindo uma situação de uma posição comprada em Dólar), as simulações de Seguro Dinâmico a serem realizadas farão uso de uma aplicação em renda fixa e de constantes ajustes na posição comprada em contratos futuros de Dólar (serão usados contratos de Dólar futuro negociados na BM&F).

A carteira que se deseja replicar é:

$$[+D + P]$$

¹⁵ No Brasil opções com características particulares estão disponíveis na forma das opções flexíveis negociadas na BM&F. Entretanto, por serem de balcão, elas não têm liquidez e são difíceis de serem renegociadas.

¹⁶ RUBINSTEIN, Mark & LELAND, Hayne E. Replicating Options with Positions in Stock and Cash. Financial Analysts Journal, July/August, 1981.

Ou seja, uma posição comprada no ativo (Dólar) e uma posição comprada em uma opção de venda do mesmo ativo (Dólar).

A carteira a ser montada pode ser representada pela fórmula¹⁷: $\$ \{ (\Delta_1 * F_1) / (1+r) + P_1 \} + [+D_1 - \Delta_1 * F_1]$, ou seja, no primeiro período teremos uma posição comprada em D_1 ativos (Dólar), e uma posição vendida em Δ_1 contratos futuros de Dólar mais uma aplicação em renda fixa (rendendo a taxa DI) no valor obtido com a venda de Δ_1 contratos futuros ($\Delta_1 * F_1$), montante esse trazido a valor presente pelo taxa livre de risco, mais o montante do prêmio de uma put hipotética (vezes o número de ativos da carteira inicial)

No período seguinte deve-se fazer o ajuste necessário em função da mudança na taxa de hedge (delta) e do preço da opção. No caso de uma queda do preço, deve-se manter em carteira o mesmo número de ativos iniciais (Dólares), vender Δ_2 contratos Futuros de Dólar (com vencimento no final do período) e encerrar os contratos anteriores, ganhando $(F_1 - F_2) * \Delta_1$. Quanto à sua posição na aplicação financeira, esta fica $(F_2 * \Delta_2) / (1+r) +$ o ganho obtido no encerramento dos contratos futuros $((F_1 - F_2) * \Delta_1) +$ o resultado da aplicação financeira do prêmio do seguro $(P * (1+r))$. No caso de uma alta do preço, deve-se manter em carteira o mesmo número de ativos iniciais (Dólares), comprar Δ_2 contratos Futuros de Dólar (com vencimento no final do período) aumentando a posição anterior, perdendo $(F_1 - F_2) * \Delta_1$. Quanto à sua posição na aplicação financeira, esta fica $(F_2 * \Delta_2) / (1+r) -$ o gasto realizado na abertura de novos contratos futuros $((F_1 - F_2) * \Delta_1) +$ o resultado da aplicação financeira do prêmio do seguro $(P * (1+r))$

Tanto o delta quanto o prêmio da put hipotética serão calculados segundo o modelo desenvolvido por Black & Scholes (1973). Os parâmetros a serem utilizados no cálculo (prazo, taxa livre de risco, preço de exercício e volatilidade) serão os seguintes:

- Prazo: em cada período discreto considerado o prazo consistia no respectivo número de dias úteis até o fim do período de proteção considerado (foram testados 6 subperíodos diferentes dentro do período de 31/03/2008 a 30/09/2008).
- Taxa livre de risco: taxa DI de cada período discreto.
- Preço de Exercício: 1.800 (arbitrado)

¹⁷ Fórmula retirada de LEMCRUBER, Eduardo Facó, BECKER, João Luiz e FELÍCIO, Rousely Freire. Seguro Dinâmico de Portfólio. Revista Brasileira de Economia (RBE) n.45, 1991, página 642-643

- Volatilidade: calculada com base nas cotações históricas de 19/02/2008 a 30/09/2008 retirados da Bloomberg (preço de fechamento), utilizando-se a metodologia EWMA, com média zero e lambda 0,96.

Como não há de fato na literatura um consenso a respeito da metodologia de cálculo mais adequada para a volatilidade, o método arbitrado neste trabalho fez uso de preços históricos diários (de fechamento), entre o período de 19/02/2008 a 30/09/2008, procedimento EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) com média zero e lambda de 96%. Isto resultou em uma volatilidade diária de 2,1% e anualizada de 32.66%. Este método EWMA é um dos modelos mais usados para estimar volatilidade. Se trata, basicamente, de estimar a volatilidade através de uma média móvel utilizando um número específico de dias. O mesmo possui duas vantagens: ele reage rapidamente a qualquer choque no mercado, captando a maior volatilidade mais rapidamente e também reduz a importância de qualquer choque que ocorra conforme o tempo passa, evitando assim uma volatilidade alta durante um período longo.

Não são considerados neste trabalho nem custos operacionais nem impostos para fim de cálculo de resultados.

O ajuste dos portfólios (com recálculo do delta, ajuste da posição comprada nos contratos de Dólar futuro e da aplicação em renda fixa) ocorrerá com cinco frequências diferentes: de 2 em 2 horas, 1 vez por dia, a cada 3 dias, 1 vez por semana e 1 vez a cada duas semanas.

O teste de 2 em 2 horas será realizado com os valores do Dólar apurado na BM&F nos horários de 09:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00. Os outros ocorrem ao preço de fechamento do mercado. Os testes semanais ocorrem todas as segundas-feiras.

Algumas das possibilidades de falha na estratégia de Seguro Dinâmico estão relacionadas à possibilidade de quebra das premissas do modelo de precificação de opções utilizado na criação da opção sintética (Black & Scholes). Caso os retornos da ação se afastem da normalidade, a volatilidade efetiva da ação, no período do seguro, seja muito diferente da volatilidade usada no cálculo, o mesmo para a taxa de juro livre de risco considerada, o hedge dinâmico perderá eficiência. Outras possibilidades relacionam-se a mudanças bruscas no preço do ativo nos períodos entre os momentos de rebalanceamento do delta, o que deixaria a carteira sem proteção “total” temporariamente. Devido a essas limitações, a estratégia de seguro dinâmico de portfólio, em condições reais, produz apenas valores próximos ao pretendido.

6. Resultados

6.1. Resultados Esperados

Se a replicação da carteira desejada [+D +P] através da utilização de opção sintética com os ajustes (rebalanceamentos do delta hedging) feitos através do mercado futuro tivesse sido corretamente realizada, deveríamos esperar o seguinte comportamento do portfólio na data final do swap (30/09/2008):

- Caso o preço do Dólar futuro no dia 30/09/2008 esteja maior que o preço de exercício da opção de venda sintética (1.800), teríamos que a opção não seria exercida, sendo seu resultado final igual a zero, e teria-se um resultado positivo no swap cambial: o valor da carteira seria $\{\text{o valor do caixa no penúltimo período corrigido} + \text{posição no swap em Dólares multiplicado pelo valor do Dólar} + \text{posição em futuros de Dólar multiplicada pelo preço do Dólar}\} - \{\text{empréstimo realizado no valor do prêmio da opção sintética, corrigido para o último período}\}$

Esse valor deveria ser igual com o portfólio final da carteira [S+P] que tentamos replicar: $\{\text{valor do swap multiplicado pelo valor do Dólar} - \text{prêmio da put corrigido até o vencimento}\}$.

- Caso o preço do Dólar futuro no dia 30/09/2008 esteja menor que o preço de exercício da opção de venda sintética (1.800), teríamos que a opção seria exercida, sendo seu resultado final igual diferença do preço de fechamento do Dólar futuro multiplicado pelo volume da opção, e teria-se um resultado negativo no swap cambial: o valor da carteira seria $\{\text{o valor do caixa no penúltimo período corrigido} + \text{posição no swap em Dólares multiplicado pelo valor do Dólar} + \text{posição em futuros de Dólar multiplicada pelo preço do Dólar}\} - \{\text{empréstimo realizado no valor do prêmio da opção sintética, corrigido para o último período}\}$

Esse valor coincidiria com o portfólio final da carteira [+D+P], que tentamos replicar: $\{\text{valor do swap multiplicado pelo valor do Dólar} + \text{diferença entre o preço de fechamento do Dólar futuro para o preço de exercício da put}\}$

multiplicado pelo volume da opção – prêmio da opção corrigido para o último período}

6.2. Resultados encontrados

Os resultados das simulações em diferentes datas se encontram nas tabelas abaixo, onde apresentamos:

- 1) Frequência de Rebalanceamento: a frequência na qual será feito o rebalanceamento entre o valor monetário aplicado na taxa de juros livre de risco e a posição em Dólar futuro.
- 2) Valor segurado: valor em reais do swap para o qual está sendo feito o hedge. É equivalente a cinco milhões multiplicados pela cotação de fechamento do Dólar futuro e trazido a valor presente pela taxa de juros livre de risco no período.
- 3) Custo do hedge: Custo de compra da opção corrigido pela taxa de juros livre de risco no período.
- 4) Valor Opção teórica: valor da opção no dia, que é igual ao preço calculado pelo modelo Black & Scholes multiplicado pela quantidade de opção (5.000).
- 5) Valor final do portfólio: o valor do caixa no penúltimo período corrigido, somado à posição no swap em Dólares, multiplicado pelo valor do Dólar, somado à posição em futuros de Dólar multiplicada pelo preço do Dólar e retirado o custo do empréstimo tomado (no valor da opção sintética) no primeiro dia corrigido pela taxa de juros livre de risco
- 6) Valor Teórico esperado: somatório dos itens 2 e 4, menos (subtração) do item 3.
- 7) Diferença: diferença entre os itens 5 e 6, que é a diferença entre o resultado utilizando uma opção sintética e o resultado caso fosse feita uma opção na BM&F.

Em seguida a cada tabela com as informações acima, apresentamos novamente a diferença entre as performances dos portfólios com a opção sintética e os portfólios com uma opção real e mostramos os resultados dos testes estatísticos para verificação da relevância das diferenças entre essas performances.

Tabela 1: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas no fechamento do swap, em 30/09/2008:

Frequência de Rebalanceamento	Valor segurado	Custo do hedge	Valor Opção teórica	Valor final do Portfólio	Valor teórico	Diferença
2 em 2 horas	9.571.500	632.701	-	9.058.065	8.938.799	1,33%
dia a dia	9.571.500	631.768	-	8.971.986	8.939.732	0,36%
cada 3 dias	9.571.500	632.248	-	9.084.785	8.939.252	1,63%
semanal	9.571.500	632.163	-	8.897.439	8.939.337	-0,47%
quinzenal	9.571.500	635.985	-	8.906.928	8.935.515	-0,32%

Tabela 2: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças:

Frequência de Rebalanceamento	Rendimento adicional do portfólio (Lucro vs Valor teórico esperado)	Desvios	Estat. T	
2 em 2 horas	1,33%	0,83%	0,87	
dia a dia	0,36%	-0,15%	-0,15	Média de rendimento adicional 0,51%
cada 3 dias	1,63%	1,12%	1,18	
semanal	-0,47%	-0,98%	-1,03	Desvio padrão dos desvios em relação à média 0,01
quinzenal	-0,32%	-0,83%	-0,87	

Assim, além das diferenças serem pequenas no vencimento (todas próximas de zero), verifica-se que são estatisticamente não significantes, considerando-se um nível de significância de 5% (estatísticas t calculadas <1,96).

O valor do Dólar no fim do período considerado foi de 1.914,30 (valor de fechamento). Isto representou um aumento de 5,38% em relação a cotação inicial, de 1.816,55.

Como este valor se encontra acima do preço de exercício da opção de venda sintética (1.800), o portfólio teórico das simulações realizadas entraria no primeiro caso descrito na seção de Resultados Esperados.

Como vimos no capítulo 3.2, o Dólar futuro com vencimento em outubro, utilizado para o hedge, se movimentou entre o fim de março e fim de julho com um comportamento de baixa, começando a subir no mês de agosto e tendo uma alta expressiva no mês de setembro, onde ultrapassa o strike da opção de venda, fazendo o resultado de ela ser igual à zero. Para podermos analisar esse movimento, foi feita uma análise mensal, em dias específicos (ao preço de fechamento do dia), em cada um dos meses no período analisado.

Tabela 3: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas.

Posição em 12/05/2008:

Freqüência de Rebalanceamento	Valor segurado	Custo do hedge	Valor Opção Teórica	Valor final do Portfólio	Valor teórico	Diferença
2 em 2 horas	8.274.703	606.504	723.728	8.405.805	8.391.927	0,17%
dia a dia	8.274.703	605.623	723.728	8.411.968	8.392.808	0,23%
cada 3 dias	8.274.703	605.603	723.728	8.419.121	8.392.828	0,31%
semanal	8.274.703	606.658	723.728	8.406.303	8.391.773	0,17%
quinzenal	8.274.703	607.188	723.728	8.418.656	8.391.242	0,33%

Tabela 4: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças:

Freqüência de Rebalanceamento	Rendimento adicional do portfólio (Lucro x Valor teórico esperado)	Desvios	estat. T		
2 em 2 horas	0,17%	-0,08%	-1,00	Média de rendimento adicional	0,24%
dia a dia	0,23%	-0,01%	-0,17		
cada 3 dias	0,31%	0,07%	0,95	Desvio padrão dos desvios em relação à média	0,00
semanal	0,17%	-0,07%	-0,90		
quinzenal	0,33%	0,09%	1,12		

Tabela 5: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas.

Posição em 09/06/2008:

Freqüência de Rebalanceamento	Valor segurado	Custo do hedge	Valor Opção Teórica	Valor final do Portfólio	Valor teórico	Diferença
2 em 2 horas	8.039.904	611.514	847.035	8.329.568	8.275.425	0,65%
dia a dia	8.039.904	610.617	857.687	8.327.574	8.286.974	0,49%
cada 3 dias	8.039.904	611.096	857.687	8.335.494	8.286.495	0,59%
semanal	8.039.904	611.545	857.687	8.321.656	8.286.045	0,43%
quinzenal	8.039.904	612.402	857.687	8.332.482	8.285.189	0,57%

Tabela 6: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças:

Freqüência de Rebalanceamento	Rendimento adicional do portfólio (Lucro x Valor teórico esperado)	Desvios	estat. T		
2 em 2 horas	0,65%	0,11%	1,22	Média de rendimento adicional	0,55%
dia a dia	0,49%	-0,06%	-0,65		
cada 3 dias	0,59%	0,04%	0,50	Desvio padrão dos desvios em relação à média	0,00
semanal	0,43%	-0,12%	-1,33		
quinzenal	0,57%	0,02%	0,27		

Tabela 7: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas.

Posição em 07/07/2008:

Frequência de Rebalanceamento	Valor segurado	Custo do hedge	Valor Opção Teórica	Valor final do Portfólio	Valor teórico	Diferença
2 em 2 horas	7.937.184	616.763	905.249	8.327.256	8.225.670	1,23%
dia a dia	7.937.184	615.859	927.728	8.321.597	8.249.053	0,88%
cada 3 dias	7.937.184	615.815	927.728	8.332.356	8.249.097	1,01%
semanal	7.937.184	616.415	927.728	8.319.061	8.248.497	0,86%
quinzenal	7.937.184	617.656	927.728	8.328.447	8.247.256	0,98%

Tabela 8: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças:

Frequência de Rebalanceamento	Rendimento adicional do portfólio (Lucro x Valor teórico esperado)	Desvios	estat. T		
2 em 2 horas	1,23%	0,24%	1,61	Média de rendimento adicional	0,99%
dia a dia	0,88%	-0,11%	-0,75		
cada 3 dias	1,01%	0,02%	0,11	Desvio padrão dos desvios em relação à média	0,00
semanal	0,86%	-0,14%	-0,91		
quinzenal	0,98%	-0,01%	-0,05		

Tabela 9: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas.

Posição em 04/08/2008:

Frequência de Rebalanceamento	Valor segurado	Custo do hedge	Valor Opção Teórica	Valor final do Portfólio	Valor teórico	Diferença
2 em 2 horas	7.762.356	621.947	1.078.992	8.310.487	8.219.402	1,11%
dia a dia	7.762.356	621.030	1.076.553	8.318.614	8.217.879	1,23%
cada 3 dias	7.762.356	621.246	1.076.553	8.327.846	8.217.663	1,34%
semanal	7.762.356	621.217	1.076.553	8.314.416	8.217.692	1,18%
quinzenal	7.762.356	622.840	1.076.553	8.318.859	8.216.069	1,25%

Tabela 10: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças:

Frequência de Rebalanceamento	Rendimento adicional do portfólio (Lucro x Valor teórico esperado)	Desvios	estat. T		
2 em 2 horas	1,11%	-0,11%	-1,30	Média de rendimento adicional	1,22%
dia a dia	1,23%	0,01%	0,06		
cada 3 dias	1,34%	0,12%	1,39	Desvio padrão dos desvios em relação à média	0,00
semanal	1,18%	-0,04%	-0,50		
quinzenal	1,25%	0,03%	0,35		

Tabela 11: Resultado final consolidado das simulações de Seguro Dinâmico realizadas.

Posição em 01/09/2008:

Frequência de Rebalanceamento	Valor segurado	Custo do hedge	Valor Opção Teórica	Valor final do Portfólio	Valor teórico	Diferença
2 em 2 horas	8.184.949	627.170	776.835	8.447.658	8.334.615	1,36%
dia a dia	8.184.949	626.245	763.686	8.464.004	8.322.391	1,70%
cada 3 dias	8.184.949	625.937	763.686	8.469.337	8.322.698	1,76%
semanal	8.184.949	626.056	763.686	8.461.913	8.322.580	1,67%
quinzenal	8.184.949	628.061	763.686	8.462.219	8.320.575	1,70%

Tabela 12: Teste estatístico para verificação da relevância das diferenças:

Frequência de Rebalanceamento	Rendimento adicional do portfólio (Lucro x Valor teórico esperado)	Desvios	estat. T		
2 em 2 horas	1,36%	-0,28%	-1,75	Média de rendimento adicional	1,64%
dia a dia	1,70%	0,06%	0,39		
cada 3 dias	1,76%	0,12%	0,76	Desvio padrão dos desvios em relação à média	0,00
semanal	1,67%	0,03%	0,22		
quinzenal	1,70%	0,06%	0,39		

Analisando as tabelas acima, vemos que, com a conseqüente valorização do câmbio (queda nas cotações), o intervalo entre os rebalanceamentos acaba por levar a um resultado superior por parte do portfólio da opção sintética frente ao teórico, pois a posição vendida em futuro leva o banco, em seus atrasos no ajuste, a lucrar com as operações. Assim vemos um aumento gradativo e constante da diferença entre os dois portfólios, ficando todos os testes com resultados bastante similares devido à baixa volatilidade do Dólar durante o dia, o que resultava em um ajuste de rebalanceamento muito parecido. Com o aumento da volatilidade do Dólar no fim de agosto, onde ocorre uma elevação na cotação que supera rapidamente o strike da opção de venda, os diferentes atrasos nos rebalanceamentos em cada um dos testes causam variações mais significativas entre as diferenças observadas neles. É possível ver isso, comparando a tabela do dia 01/09/2008, onde todas as diferenças estão próximas, com a tabela do dia 30/09/2008.

Vale também apontar que em todos os seis momentos analisados, todas as diferenças são estatisticamente não significativas, o que mostra que tanto a elevação ao longo do tempo quanto à variação no fim do período devido à alta da volatilidade não tem um impacto relevante a fim de inviabilizar o seguro de portfólio.

Segue abaixo, para melhor visualização, os gráficos do período inteiro segurado (de 31/03/2008 a 30/09/2008) com a evolução da diferença de desempenho entre o portfólio simulado com opção sintética e o portfólio teórico, para o caso testado de rebalanceamento feito diariamente e para o caso de rebalanceamento a cada três dias.

Figura 2: Cotação do Dólar (“Preço”) x Evolução da diferença entre o resultado da carteira teórica e da simulado via opção sintética (“Var.”). Rebalanceamento feito diariamente.

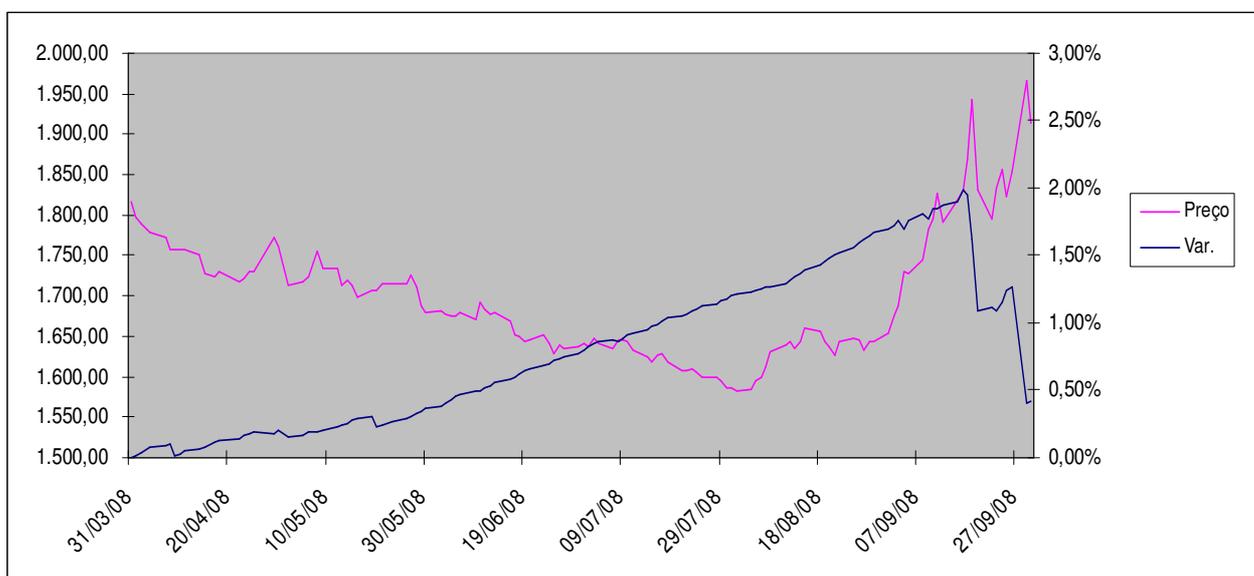
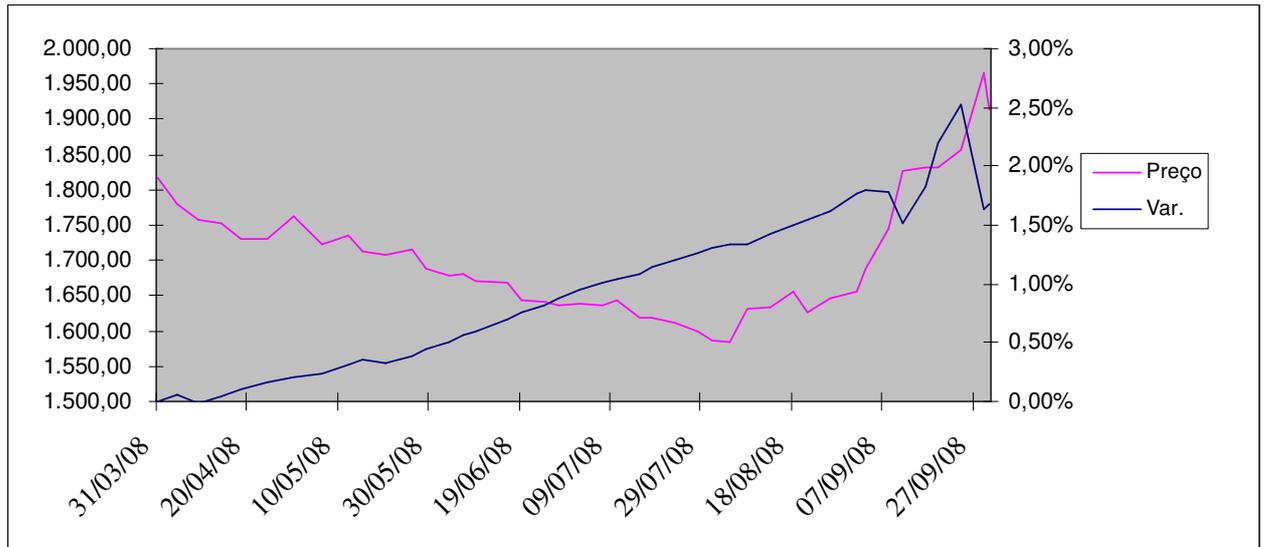


Figura 3: Cotação do Dólar (“Preço”) x Evolução da diferença entre o resultado da carteira teórica e da simulado via opção sintética (“Var.”). Rebalanceamento feito a cada três dias.



7. Conclusão

Neste trabalho testamos o método de hedge conhecido como Seguro Dinâmico de Portfólio para fazermos o hedge de uma posição comprada em Dólar (ganhos com o aumento da cotação). Utilizamos, portanto, uma carteira que pretendia replicar sinteticamente os payoffs da carteira [+D+P]. Este portfólio utilizado era composto por uma posição comprada em swap de Dólar, vendida em contratos futuros de Dólar (que juntos formam uma posição comprada em dólar, mas de montante menor que o do swap) e uma aplicação monetária a taxas de juros livres de risco.

De forma a manter a proteção do Seguro, esta posição descrita acima foi ajustada periodicamente (rebalanceamento do delta hedging), e, em relação a este ajuste, testamos seis diferentes frequências (2 em 2 horas, diariamente, a cada 3 dias, semanalmente e quinzenalmente).

Foi possível verificar que os valores dos portfólios, ao final do período segurado, foram bastante próximos entre si, além de próximos, também, ao valor teórico da carteira que se pretendeu replicar.

Em relação ao melhor tempo entre os rebalanceamento, ou seja, qual teste se saiu melhor, se analisarmos entre o período de 01/09/2008 até 30/09/2008, onde a variação da cotação do Dólar futuro usado como hedge aumentou significativamente (vide gráfico 1), vemos que o teste realizado a cada três dias teve uma menor variação no erro que o semanal e quinzenal, mostrando que ele reage melhor do que estes as mudanças mais velozes (os erros semanal e quinzenal caíram, respectivamente, de 1,67% e 1,70% para -0,47% e -0,32%, enquanto o de três dias, foi de 1,76% para 1,63%, vide tabelas). Entretanto, os testes estatísticos realizados verificaram que as diferenças entre os portfólios simulados através das opções sintéticas (e da técnica de Seguro Dinâmico de Portfólio) e os portfólios teóricos (teoricamente utilizando uma opção de venda real) para todas as frequências de rebalanceamento, e em todos os períodos e subperíodos testados, não são estatisticamente significantes (a um nível de significância de 5%).

Desta maneira, com os resultados encontrados no capítulo seis, fica evidente que a necessidade de um rebalanceamento da carteira em frequências muito altas é bem pequena (de 2 em 2 horas até quinzenalmente, as diferenças são estatisticamente não significantes). Ou seja, não foi encontrada nenhuma evidência de que valha a pena incorrer em altos custos de transação e bid/ask para realizar o ajuste das carteiras seguradas em frequências muito altas.

Como o resultado final das carteiras simuladas utilizando a metodologia do Seguro Dinâmico de Portfólio foi bastante próximo ao esperado por uma carteira utilizando opções não sintéticas, e devido às diversas limitações ao uso destas opções não sintéticas citadas ao longo do trabalho (dificuldade de encontrar opções com as características necessárias), concluímos que esta estratégia de Seguro Dinâmico mostrou-se viável de ser utilizada no mercado, como uma forma de limitar as perdas de posições sem limitar as possibilidades de ganhos.

Bibliografia

CARVALHO, Jiane. “Empresas amadurecem gestão cambial”. Gazeta Mercantil, edição de 09/06/2008 - Finanças & Mercados - Pág. 1.

GARCIA, Fabio Drummond. “Value-at-Risk para carteiras de derivativos de câmbio em empresas regidas pela norma IAS 39”. Dissertação de mestrado profissionalizante em Economia, IBMEC 2007.

Grupo de Conjuntura, FUNDAP “Mercado de Câmbio em 2008”. Disponível em <http://debatesfundap.blogspot.com/2008/01/debates-de-conjuntura.html>

HULL, John C. Options, Futures, and Other Derivatives. 3rd. edition

HULL, John. Introdução a mercados futuros e de opções. 2. ed. São Paulo : BM&F Cultura Editores Associados, 1996.

LELAND, Hayne E. Who should buy Portfolio Insurance? Journal of Finance, volume 35, May, 1980.

LEMCRUBER, Eduardo Facó, BECKER, João Luiz e FELÍCIO, Rousely Freire. Seguro Dinâmico de Portfólio. Revista Brasileira de Economia (RBE) n.45, 1991.

LEMGRUBER, Eduardo Facó, DA SILVA, André Luiz Carvalhal, LEAL, Ricardo Pereira Câmara & DA COSTA JR, Newton Carneiro Affonso. “Gestão de risco e derivativos: aplicações no Brasil”. São Paulo: Atlas, 2001.

LOZARDO, Ernesto. “Derivativos no Brasil – fundamentos e práticas”. São Paulo, 1998.

NOVAES, Walter, OLIVEIRA, Fernando N. “Demanda de derivativos de câmbio no Brasil: hedge ou especulação?” IBMEC RJ Economics Discussion Paper 2005-14 Disponível em <http://professores.ibmecrj.br/erg/dp/dp.htm>.

RUBINSTEIN, Mark & LELAND, Hayne E. Replicating Options with Positions in Stock and Cash. Financial Analysts Journal, July/August, 1981.

CARDOSO, Eliana. “Derivativos”. Valor Econômico, edição de 16/10/2008.