

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

O GERENCIAMENTO DO RISCO CAMBIAL

Thiago Moraes Ungier

9414424

Orientador: Marco Antônio Bonomo

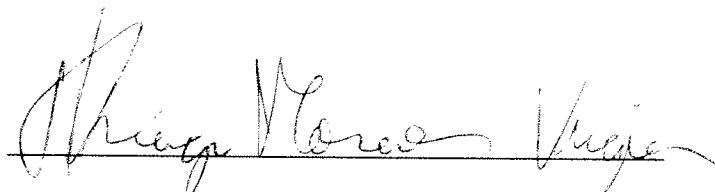
Novembro de 1997

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

O GERENCIAMENTO DO RISCO CAMBIAL

A handwritten signature in black ink, reading "Thiago Moraes Ungier", written over a horizontal line.

Thiago Moraes Ungier

9414424

Orientador: Marco Antônio Bonomo

Novembro de 1997

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

Índice

I. INTRODUÇÃO	4
II. MEDIÇÃO DE RISCO	7
II.1. Tipos de risco	7
II.2. <i>Black-Scholes</i>	9
II.3. Medidores de risco	12
II.4. Value at Risk	17
III. INSTRUMENTOS	19
III.1.1. Paridade Coberta das Taxas de Juros	21
III.2. Contratos Futuros	25
III.3. Opções	29
III.3.1. Risco de crédito	30
III.3.2. Princípios	31
IV. HEDGE.....	41
IV.1. <i>Hedge</i> sem risco	41
IV.2. <i>Hedge</i> com Opções.....	42
IV.3. O Monitoramento do <i>Hedge</i>	43
IV.4. Os Riscos do <i>Hedge</i>	47
IV.4.1. O Risco de Base.....	48
IV.5. O <i>Hedge</i> Ótimo	51
IV.6. Simulação.....	53
V. MERCADO DE CÂMBIO NO BRASIL	57
V.1. A Formação das Taxas de Câmbio	57
V.2. As Taxas de Câmbio	58
V.2.1. Taxa de Câmbio Comercial.....	59
V.2.2. Taxa de Câmbio Flutuante	60
V.2.3. Taxa de Câmbio para Repasse e Cobertura	60
V.2.4. Taxa de Câmbio do Mercado Paralelo	61
V.3. Limites de Posições.....	61
V.4. Derivativos.....	63
V.5. Preço Futuro e Preço à Vista no Futuro	65
VI. CONCLUSÃO	67
BIBLIOGRAFIA.....	70

I. INTRODUÇÃO

Pode-se definir risco como sendo a possibilidade de oscilações inesperadas de uma determinada variável, como ativos e passivos de um portfólio, por exemplo. Como disse Philippe Jorion em “Value at Risk, The New Benchmark for Controlling Derivatives Risk” a única constante envolvida nos diversos eventos de todos os dias, é a imprevisibilidade.

As empresas em geral se tornaram bem mais sensíveis às oscilações do mercado nas últimas duas décadas. Isto se deve em grande parte à desregulamentação e, principalmente, à globalização. Com o primeiro fator, as já citadas oscilações se intensificaram em virtude de inúmeras variáveis, especialmente o fato de não haver mais limites como tetos para as taxas de juros, por exemplo. Já a globalização estimulou a competição mundial e aumentou o volume de negócios e produtos, gerando inevitável aumento de risco nestas operações. O próprio desenvolvimento de novos produtos provocou o surgimento de novos riscos.

Esta crescente exposição ao risco levou, em 1988 (e nas revisões posteriores), a assinatura do acordo da Basileia onde foram determinadas medidas obrigatórias de prevenção. Poder-se-ia argumentar que esta regulamentação não faria sentido. Seria responsabilidade de cada empresa determinar o tamanho do risco que ela pretende

correr, assumindo, desta forma, as consequências de oscilações adversas que possibilitariam inclusive a sua falência.

Todavia, basicamente dois fatores contribuem para a necessidade desta regulamentação. O primeiro deles é a externalidade. Dependendo do porte da empresa que vier a falir, os efeitos podem ser bastante comprometedores ao sistema financeiro como um todo. Desta forma, os prejuízos pela “quebra” não mais se limitarão a empresa e seus sócios, mas também a várias outras empresas, que poderão sofrer com o efeito “cascata”.

O segundo motivo é consequência do problema de *moral hazard*. Muitas vezes o governo oferece depósitos em garantia para que uma possível corrida aos bancos não prejudique o depositante pela impossibilidade da instituição financeira honrar suas obrigações. Estas medidas podem provocar um desestímulo às empresas a tomar, de forma espontânea, medidas necessárias para a prevenção desta possível insolvência, caracterizando assim, o citado problema. É sempre importante ressaltar que uma quebra em cascata pode gerar um colapso no sistema financeiro local ou, dependendo das proporções, até global.

De qualquer forma, a preocupação e as discussões envolvendo este tema são constantes e de grande importância. Neste trabalho, serão abordadas algumas das variáveis relevantes desta discussão. No próximo capítulo serão discutidas aquelas que compõem e mensuram os riscos aos quais os agentes estão expostos. Em seguida, no terceiro capítulo, serão especificamente abordados os instrumentos através dos quais os riscos são combatidos e gerenciados. No quarto capítulo serão analisadas as formas de *hedge*, bem como sua real capacidade de proteção contra os referidos riscos inerentes às

posições tomadas por qualquer instituição. Finalmente, no quinto serão colocadas algumas características próprias do mercado de câmbio no Brasil.

II. MEDIÇÃO DE RISCO

Uma alteração importante ocorrida nos últimos anos foi a forma pela qual passou-se a encarar o risco, sua análise e medição. Os já citados efeitos da globalização que geraram, entre outras coisas, exposições a novas formas de risco, como o próprio risco cambial, por exemplo, tornaram indispensável uma avaliação mais global do risco ao qual uma empresa está exposta. Mesmo sendo mantida pequena alavancagem em cada um dos setores, a ausência de uma análise global pode fazer com que a soma destas posições levem a uma exposição bem maior do que aquela considerada ótima pelos administradores da instituição.

É claro que o estudo específico não deve ser ignorado, sendo ainda importante no traçado da estratégia de exposição, mas é fundamental também pensar no risco global com o qual a empresa está se defrontando.

II.1. TIPOS DE RISCO

Empresas, financeiras ou não, estão expostas a basicamente três tipos de risco: o risco de negócio, de estratégia e financeiro. O primeiro está relacionado com as decisões tomadas por uma determinada empresa visando ganhos de produtividade e competitividade, como inovações tecnológicas, por exemplo. O riscos de estratégia

estão mais relacionados com o ambiente no qual a empresa opera e suas respectivas oscilações políticas e econômicas.

O terceiro tipo de risco é aquele oriundo das oscilações de variáveis relevantes em operações realizadas no mercado financeiro, tais como taxas de juros e de câmbio. Os riscos financeiros podem ser divididos em basicamente quatro categorias:

- **Risco de mercado:** é consequente das oscilações de preços dos bens que estão sendo transacionados. Os riscos de base, assim como “risco gama” são exemplos de risco de mercado. Ambos serão estudados mais especificamente nas próximas seções e capítulos.

- **Risco de crédito:**

A hipótese de uma das partes envolvidas não ter a possibilidade de honrar suas obrigações no acordo é o fato gerador deste risco.

No caso de derivativos, o verdadeiro risco de crédito não é equivalente ao valor nominal do contrato, mas sim, apenas o valor da variação da posição. Evidentemente, neste caso apenas a parte cuja oscilação lhe é favorável está exposta ao risco de crédito.

Há ainda o risco inerente a um determinado país. Isto ocorre se um determinado governo tomar medidas que inviabilizem a uma das partes honrar suas obrigações.

- **Risco de liquidez:**

É caracterizado basicamente pela impossibilidade de se concretizar uma determinada operação por falta de liquidez do mercado.

- **Risco Operacional**

Este risco baseia-se na possibilidade de erros humanos e de controle, além de falhas gerenciais e de sistema, fraudes, etc.

II.2. *BLACK-SCHOLES*

Analisando mais especificamente os riscos de mercado, tais como o já citado risco gama, é fundamental ter uma noção da fórmula para precificação de opções desenvolvida no modelo de *Black-Scholes*. Através deste modelo, pode-se calcular o valor de uma opção que elimina a possibilidade de arbitragem. Caso o preço de uma opção esteja diferente daquele fornecido pelo modelo, haverá a possibilidade de se construir um portfólio que geraria lucros sem risco. É sempre interessante ressaltar que estas oportunidades são temporárias pois a medida que mais agentes a detectem, os preços se ajustarão simplesmente por uma questão de oferta e demanda.

Basicamente existem seis fatores que afetam diretamente o preço de uma opção. Primeiramente podem ser citados o preço de exercício da opção e o próprio preço do ativo. Como o *payoff* da operação é determinado exatamente pela diferença entre o preço do ativo e o preço de exercício, no caso de *calls*¹, esta será mais valiosa quanto menor for o preço de exercício e maior o preço do ativo. Já as *puts* são mais valiosas quanto maior for o preço de exercício e menor o do ativo.

O terceiro fator relevante é o tempo para o exercício. Este na realidade só provoca diferenças no caso de opções americanas, já que as europeias só podem ser exercidas

¹ As opções de compra são chamadas de *calls* enquanto as de venda são chamadas de *puts*.

em seu vencimento. Desta forma, as opções americanas serão mais valiosas quanto maior for o seu prazo. Esta conclusão é intuitiva pois se nestes tipos de derivativos seu direito pode ser exercido até a data de vencimento, a opção com prazo maior dará a seu detentor "maiores opções" para exercer seu direito.

A volatilidade também influencia o preço de uma opção de forma diretamente proporcional. Com uma maior volatilidade, os ganhos e perdas ganham proporções maiores. Entretanto, no caso de opções, a perda está limitada ao preço pago por ela (ignorando os custos de transação) enquanto o ganho não possui teto. Desta forma, quanto maior a volatilidade, maior será o valor de uma opção.

No caso de pagamento de dividendos, este provoca redução no preço de uma ação. Desta forma, seu efeito sobre o preço da opção é aquele explicitado anteriormente quando analisados os efeitos do preço do ativo sobre o preço da opção.

Finalmente, temos as taxas de juros de ativos sem risco influenciando positivamente as *calls* e negativamente as *puts*.

Foram explicitadas acima as "direções" tomadas pelo valor das opções de acordo com variações nos citados fatores. A fórmula desenvolvida por Black and Scholes "quantifica" estas direções.

A fórmula é a seguinte:

$$C = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2)$$

onde,

S: preço da ação

X: preço de exercício

σ^2 : variância do preço da ação (volatilidade)

T: tempo até o exercício

N(.): distribuição normal da função, que possui uma tabela específica para consultar e determinar seus valores.

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

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T - t}$$

Tomando como base opções em moeda estrangeira, a fórmula pode ser descrita da seguinte forma:

$$c = Se^{-r_f(T-t)} N(d_1) - Xe^{-r(T-t)} N(d_2)$$

$$p = Xe^{-r(T-t)} N(-d_2) - Se^{-r_f(T-t)} N(-d_1)$$

onde,

$$d_1 = \frac{\ln(S / X) + (r - r_f + \sigma^2 / 2)(T - t)}{\sigma \sqrt{T - t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T - t}$$

e,

r : taxa de juros do ativo sem risco em moeda nacional

r_f : taxa de juros do ativo sem risco em moeda estrangeira

II.3. MEDIDORES DE RISCO

Na análise e controle de suas posições e portfólios, assim como na formação de estratégias de *hedge* (o que será abordado também no capítulo 4), algumas variáveis devem ser cuidadosamente analisadas. Dentre elas destacam-se:

- **Delta**

O delta de um derivativo é a taxa de variação deste ativo dada uma variação no preço do ativo subjacente que, neste caso específico, será exatamente a moeda estrangeira. Como a variação no preço da ação é sempre maior que a da opção, o delta será sempre entre zero e um.

Considerando operações envolvendo câmbio, o valor do delta demonstra exatamente a posição comprada ou vendida em moeda estrangeira, logo ele é uma forma de mensuração do risco cambial do portfólio.

$$\Delta = \Delta c / \Delta S$$

Um portfólio é considerado delta neutro quando movimentações no valor do ativo subjacente não provocam perdas (nem ganhos) para o agente. Esta seria a forma de um

investidor “hedgear-se”. Este assunto será mais abordado no capítulo 4 que estudará especificamente as formas de *hedge*.

Para *calls* e *puts* europeias sobre o câmbio, o delta pode ser determinado da seguinte forma:

- *call*: $\Delta = e^{-r_f(T-t)} N(d_1)$
- *put*: $\Delta = e^{-r_f(T-t)} [N(d_1) - 1]$

onde d_1 é aquele da fórmula de *Black-Scholes* específica para opções cambiais anteriormente citada.

- **Teta**

Teta de um portfólio é a taxa de variação de seu valor com relação ao tempo.

$\Theta = \partial \Pi / \partial t$, onde Π é o valor do portfólio.

No caso de opções, teta é normalmente negativo já que as opções têm seu valor reduzido a medida que o prazo para exercício reduz-se.

Baseando-se na fórmula de *Black-Scholes* e especificamente para *calls* and *puts* sobre o câmbio, temos respectivamente²

² Na análise destas fórmulas, é válido ressaltar que N representa uma distribuição normal. No seu cálculo, é usada uma aproximação polinomial, onde

$$N(x) = \begin{cases} 1 - N'(x)(a_1k + a_2k^2 + a_3k^3) & \text{when } \rightarrow x \geq 0 \\ 1 - N(-x) & \text{when } \rightarrow x < 0 \end{cases}$$

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma e^{-r_f(T-t)}}{2\sqrt{T-t}} + r_f SN(d_1)e^{-r_f(T-t)} - rXe^{-r_f(T-t)}N(d_2)$$

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma e^{-r_f(T-t)}}{2\sqrt{T-t}} + r_f SN(-d_1)e^{-r_f(T-t)} - rXe^{-r_f(T-t)}N(-d_2)$$

Novamente d_1 e d_2 são aqueles calculados para a fórmula de *Black-Scholes* específica para opções cambiais.

- **Gama**

Gama é a taxa de variação do delta de um portfólio de derivativos sobre um determinado ativo com relação ao preço deste ativo. É uma forma de medição do risco de um *hedge* baseado na delta-neutralidade. Quando gama é pequeno, o delta do portfólio muda vagarosamente, fazendo com que não seja necessário ajustes frequentes para manter o portfólio "delta neutro" - perfeitamente "hedgado". Por outro lado, um gama elevado faz com que seja importante um monitoramento mais constante da posição para evitar perdas surpreendentes. Formalmente,

$$\Gamma = \partial^2 \Pi / \partial S^2$$

Tomando-se por exemplo uma opção, o gama determinará quanto exatamente será o movimento da relação entre a variação do preço de uma opção e a variação do preço do ativo subjacente, dada uma oscilação deste.

Em um portfólio delta-neutro, a relação entre gama e teta se dá pela seguinte equação:

$$\Delta\Pi = \Theta\Delta t + \frac{1}{2}\Gamma\Delta S^2$$

Para *calls* e *puts* europeias,

$$\Gamma = \frac{N''(d_1)e^{-r_f(T-t)}}{S\sigma\sqrt{T-t}}$$

onde as variáveis são definidas conforme já mencionado.

- **Vega**

Vega é a taxa de variação do valor de um portfólio de derivativos com relação à volatilidade do ativo original. Neste caso, está sendo eliminada uma simplificação inclusive utilizada no modelo de *Black-Scholes*: a de que a volatilidade do preço do ativo subjacente é constante. Um vega elevado em valores absolutos, significa que o valor do portfólio é muito sensível a pequenas alterações na volatilidade.

Baseando-se na fórmula de *Black-Scholes* e especificamente para *calls* ou *puts* sobre o câmbio, temos

$$v = S(\sqrt{T-t})N'(d_1)e^{-r_f(T-t)}$$

onde d_1 e d_2 são aqueles derivados na fórmula de *Black-Scholes* para opções sobre o câmbio.

Conforme mencionado anteriormente, o modelo de *Black-Scholes* não prevê a possibilidade de oscilação na volatilidade do preço do ativo original, fazendo-se a assunção de que seu valor é sabido *a priori*. Esta simplificação é indispensável para que

sejam viáveis os cálculos do modelo . Todavia, pode-se mostrar que a aproximação é satisfatória.

Por este motivo a variável vega ganha importância já que ela mede exatamente as consequências da variação na volatilidade.

- **Rho**

O rho de um portfólio de derivativos é a taxa de variação de seu valor com relação à taxa de juros. A seguir seguem as fórmulas genéricas para *calls* e *puts*, respectivamente:

$$rho = X(T-t)e^{-r(T-t)} N(d_2)$$

$$rho = -X(T-t)e^{-r(T-t)} N(-d_2)$$

onde d_2 é o mesmo da fórmula de *Black-Scholes*

Estas são variáveis importantes na análise e medição do risco de um portfólio. Seu acompanhamento é sem dúvida valiosíssimo. Porém não é verdade que os ajustes são feitos continuamente, já que os custos de transação tornariam estes extremamente caros.

Assim, torna-se fundamental um conceito um pouco subjetivo: o ponto em que o risco deve ser considerado aceitável e quando ele se torna elevado o suficiente de forma que passe a ser necessário o ajuste.

Neste ponto, uma análise de mercado e suas conjecturas é fundamental na medição do risco. A mensuração de perdas durante um determinado período é variável relevante nas decisões sobre posições financeiras a serem tomadas. Na busca destes dados, destaca-se o modelo *Value at Risk (VAR)*.

II.4. VALUE AT RISK

O objetivo primário de VAR é quantificar o risco de mercado, como disse Philippe Jorion em "Value at Risk, The New Benchmark for Controlling Derivatives Risk".

Ele expõe o volume de perda que uma determinada instituição está sujeita, dado um horizonte de tempo e um intervalo de confiança pré-determinados. O VAR leva em consideração todos os riscos como, por exemplo, o cambial, taxa de juros, etc. Pode-se fazer relatórios específicos e também emitir uma posição consolidada. Neste caso, o VAR resume em um único número toda a exposição de uma instituição ao risco de mercado.

O horizonte de tempo, assim como o intervalo de confiança são variáveis arbitradas e determinadas pelo agente que estiver desenvolvendo o modelo. Em relação ao período de tempo, sua escolha depende do perfil da carteira da instituição em questão. Quanto mais líquida for esta carteira, menor deverá ser este período.

Supondo que se tenha escolhido um nível de 5 % e que neste nível a perda estimada é de 1,7 %. Desta forma, supondo um portfólio de R\$ 100.000.000,00 e um

período de tempo de um mês para a análise, poder-se-ia concluir através do VAR que a instituição estaria correndo o risco de perda de R\$ 1.700.000,00, ou até mais, durante o mês em questão com a probabilidade de 5%.

O VAR acaba sendo utilizado em três estágios distintos da administração da empresa. Primeiramente, ele passa a funcionar como uma ferramenta que fornece dados relativos aos riscos financeiros da empresa. É interessante ressaltar que, no exterior principalmente, a divulgação destas informações muitas vezes se faz necessária, estando a empresa que não expor estes dados sujeita a boatos relativos à sua saúde financeira.

Em um segundo momento, VAR é utilizado na formação de estratégias de controle de risco e de alocação ótima de recursos. Sua visão global pode inclusive facilitar a visualização dos efeitos da diversificação na posição de riscos tomadas. Assim, pode-se gerenciar estas posições de tal forma que o risco global da empresa na verdade é menor que a soma dos riscos em cada área em que a empresa atua.

Finalmente pode-se utilizar este modelo para monitorar a evolução da performance da carteira da empresa.

Como se pode notar, não são poucas as variáveis que devem ser consideradas para se obter uma maior eficácia na mensuração do risco. Assim, a demanda por um setor de gerenciamento de risco devidamente preparado, principalmente em relação aos recursos humanos, vem crescendo cada vez mais em qualquer instituição do mundo.

III. INSTRUMENTOS

Em um contexto em que as operações envolvendo risco cambial geram possibilidades de perdas de proporções gigantescas, o desenvolvimento de instrumentos visando o gerenciamento deste risco torna-se atividade de grande importância. Serão discutidos neste capítulo alguns destes instrumentos, sua aplicabilidade e capacidade de contribuir para a gerência do risco cambial.

Dentre estes instrumentos, destacam-se os derivativos. Estes podem ser definidos como contratos derivados de algum ativo específico como ações, índices, taxas de câmbio e de juros, etc. Como exemplos, podem ser citados os contratos a termo, futuros, opções, etc.

É interessante observar que, coincidentemente ao crescimento do risco inerente às diversas operações em curso atualmente, cresceram nas últimas duas décadas, também de forma sensível, os mercados de derivativos. Este crescimento se deve a uma busca para redução dos já citados riscos crescentes. Estimativas indicam um crescimento equivalente a US\$ 50 trilhões somente no últimos 15 anos.

III.1. Contratos a Termo

Em contratos a termo de câmbio, agentes acordam a compra/venda de moeda estrangeira a um determinado preço para exercício em alguma data no futuro. Dependendo destes agentes, os contratos a termo são feitos de formas diferentes.

Exportadores, importadores e instituições comerciais, em geral, são especialmente interessadas no chamado *outright forward*. Neste caso, estes agentes buscam fixar o preço que pagarão ou receberão em consequência de uma transação comercial em que estejam envolvidos, objetivando a fuga do risco de oscilação cambial. Neste caso, simplesmente é feito um acordo de venda de moeda estrangeira com exercício no futuro a um preço pré-estabelecido.

Por outro lado, os contratos a termo transacionados no interbancário normalmente estão relacionados com o câmbio "pronto", isto é, à vista. Neste caso, a taxa de câmbio a termo está mais proximamente ligada ao câmbio pronto. Há ainda, o *forward-forward swap*, onde "troca-se" dois contratos a termo com exercícios diferentes. Todavia, como cada um dos contratos a termo tem como referência o câmbio pronto, a característica deste tipo de transação é mantida.

Quando o preço a termo de uma determinada moeda é maior que o seu preço pronto, diz-se que ela está com prêmio a termo. Ao contrário, se o preço pronto for maior que o a termo, esta moeda estaria com desconto a termo.

O determinante para que a cotação de um contrato a termo seja feita com prêmio ou desconto está diretamente relacionado com as taxas de juros. As diferenças entre os preços pronto e a termo de uma moeda estrangeira estão associadas a ativos financeiros remunerados às taxas de mercado em moeda nacional e estrangeira. Dependendo de seus valores, portfólios combinando estas variáveis podem gerar possibilidades de arbitragem, ou seja, operações que geram determinado lucro sem qualquer tipo de risco. Esta condição de arbitragem é ilustrada através da chamada "paridade coberta das taxas de juros" (*interest parity*).

III.1.1. PARIDADE COBERTA DAS TAXAS DE JUROS

Antes do desenvolvimento da paridade coberta das taxas de juros, algumas observações são válidas. As taxas de juros serão cotadas de forma anualizada, baseadas em um ano de 360 dias; as taxas são *pró-rateadas* através de juros simples e as cotações serão feitas supondo o mesmo preço para compra e para venda. Todavia é válido lembrar que ao dar uma cotação, o agente indica dois preços: o que ele está disposto a comprar o ativo em negociação (*bid*) e o que ele está disposto a vender (*ask*). Quaisquer outras suposições úteis, serão devidamente colocadas no momento oportuno.

Serão utilizadas as seguintes notações:

- $S(t)$: Taxa de câmbio pronto
- $F(t,T)$: Taxa de câmbio a termo com exercício em $t + T$

- i : taxa de juros interna
- i^* : taxa de juros externa

Sendo a moeda doméstica o Real e a moeda estrangeira o dólar, suponha agora um investidor que tenha realizado as seguintes operações:

1) Tomou R\$ 1,00 a uma taxa de juros i , pelo prazo T .

- Ao final de T , o investidor deverá pagar R\$ $(1 + i(T/360))$

2) Comprou a quantidade correspondente de moeda estrangeira e a aplicou, também pelo prazo T .

- Quantidade comprada e aplicada: US\$ $1/S(t)$
- Quantidade recebida, em T : US\$ $[1/s(t)][1 + i^*(T/360)]$

3) Visando não correr o risco cambial, entrou em um contrato a termo.

- Quantidade recebida em Reais: R\$ $[1/s(t)][1 + i^*(T/360)]F(t, T)$

É importante ressaltar que o investidor não precisou utilizar caixa próprio em momento algum destas transações. Se o valor da aplicação em dólar, convertido para reais através do contrato a termo, for maior que o saldo devedor em reais devido ao dinheiro tomado inicialmente, foi possível auferir um lucro certo e sem qualquer tipo de risco. É claro que se o saldo devedor fosse maior, o lucro também poderia ser obtido colocando-se nas posições exatamente opostas àquelas inicialmente tomadas.

É válido lembrar que oportunidades de arbitragem não costumam permanecer muito tempo no mercado. Tão logo esta possibilidade é visualizada pelos investidores, a demanda pelas posições que geram o lucro sem risco aumenta e os preços se ajustam até eliminar o referido lucro. No equilíbrio, pode-se afirmar que:

$$[1/s(t)][1+i*(T/360)]F(t,T) = 1(1+i(T/360))$$

ou

$$F(t,T) = S(t) \frac{[1+i(T/360)]}{[1+i*(T/360)]}$$

Esta é a equação da paridade coberta das taxas de juros. Ela relaciona o câmbio pronto e a termo, assim como as taxas de juros interna e externa. Se as taxas de juros internas forem maiores que as externas, no equilíbrio - quando as possibilidades de arbitragem são eliminadas - o câmbio a termo terá prêmio. Caso contrário, será visualizada uma possibilidade de arbitragem, e a medida que os investidores demandarem as posições que levam a esta arbitragem, o mercado se ajustará e equilibrará, com o câmbio a termo com prêmio.

Exemplo³

Um importador americano terá de pagar por máquinas uma quantia equivalente a DM 2 milhões em 6 meses (180 dias). A taxa de captação em dólares da empresa é de 10%^{aa}, enquanto sua taxa de empréstimo em marcos é de 5.5%^{aa}. A empresa tem uma cotação de US\$ 0.3752/DM para câmbio pronto e US\$ 3.9000/DM para câmbio a termo com exercício em 180 dias. A empresa deseja "travar" o risco cambial e utilizará

³ Grabbe J. Orlin, 1996. P. 112.

ou um *hedge* com contrato a termo ou uma equivalência financeira de mercado. Como a empresa poderia otimizar seus resultados?

Utilizando o mercado a termo para "hedgear-se", a empresa compraria os DM 2 milhões a termo a taxa de US\$ 0.3752/DM, tendo que desembolsar em 180 dias US\$ 780.000,00.

Usando a equivalência, a empresa deve calcular quantos marcos ela necessita agora que, devidamente aplicados, gerariam um volume de DM 2 milhões em 180 dias. Como a taxa de juros para 180 dias é de 2.75%, a empresa terá de fazer um depósito no valor de $DM\ 2\ milhões / 1.0275 = DM\ 1.946.472,00$. Para isto, a empresa necessitaria de $DM\ 1.946.472,00 * US\$ 0.3752/DM = US\$ 730.316,30$. Em 180 dias, este *loan* será pago e o saldo devedor será de $US\$ 730.316,30 * 1.05 = US\$ 766.832,12$, já que a taxa de juros de captação em dólares é de 10%^{aa}.

Ficou claro que a equivalência é mais vantajosa em um montante igual a US\$ 13.167,88. Cumpre notar também, que isto é possível exatamente porque o mercado está desarbitrado.

Outra questão importante é a dos custos de informação. É natural pensar, que oportunidades de arbitragem sejam eliminadas naturalmente no mercado já que os agentes, sempre ativos, ao perceberem esta oportunidade farão com que os preços se ajustem através das variações na oferta e demanda dos ativos envolvidos. Por outro lado, aqueles que não estão participando constantemente do mercado, como algumas empresas comerciais por exemplo, podem não ter a informação perfeita em relação às condições de mercado. Assim é possível que esta empresa não utilize a forma menos onerosa para realizar o seu *hedge* contra a variação cambial. Conforme exemplo acima, uma empresa que desconhecesse as condições de mercado fatalmente iria "hedgear-se"

apenas através de um contrato a termo, tendo um gasto superior ao necessário, logo, aumentando seus custos de hedge.

III.2. CONTRATOS FUTUROS

Contratos futuros e a termo possuem várias características em comum, porém algumas diferenças importantes. Em comum, destaca-se o fato de que em contratos futuros, não está sendo feita efetivamente uma troca monetária, mas apenas apostando na variação do preço de uma determinada moeda. Se um agente estiver com uma posição comprada em um contrato futuro, este agente ganhará dinheiro se o preço da moeda em questão variar positivamente. Da mesma forma, estando em uma posição vendida em um contrato futuro de uma determinada moeda, este agente estará apostando na queda do valor desta moeda.

Ignorando os custos de transação, operações com contratos futuros são operações de soma zero. Haverá sempre uma ponta comprada e outra vendida em um determinado contrato. Desta forma, a variação no preço da moeda em transação gerará um ganho para uma das pontas igual a perda correspondente da outra. O preço futuro se ajusta de acordo com a oferta e com a demanda.

A diferença mais marcante está nos ajustes diários, características dos contratos futuros. Ao contrário de contratos a termo, onde a troca financeira se dá somente no vencimento do contrato, em contratos futuros diariamente são feitos pagamentos de acordo com as oscilações do mercado. Diversas vezes, os objetivos de agentes que entram em um contrato futuro, apostando na variação do preço do bem, objeto deste

contrato, são muito mais financeiros que comerciais. Contudo, caso a posição seja levada até a data de exercício, a “mercadoria” deverá ser entregue. Por esse motivo, estes tipos de agentes, antes desta data, “zeram” suas respectivas posições. Esta “zeragem” é feita simplesmente tomando uma posição oposta aquela que se tem no momento em questão.

Os ajustes em contratos futuros são feitos diariamente. Ao final de cada dia, é calculado o valor a ser pago apenas pela simples diferença entre o preço contratado e o preço de fechamento, multiplicado pelo valor de face do contrato. Este valor é o determinante da magnitude das perdas e ganhos nestas operações, ou seja, caracteriza o tamanho da aposta que os agentes estão dispostos a fazer. Os ajustes dos dias subsequentes são feitos através da diferença entre os preços de fechamento do dia corrente e do anterior, novamente multiplicado pelo valor de face do contrato. E, a cada fechamento, seu respectivo preço passa a ser a posição do agente para o próximo dia.

Visando assegurar estes pagamentos diários, ambos os agentes depositam em uma câmara de liquidação, uma quantia proporcional ao tamanho do contrato. Esta quantia é denominada margem e os ajustes são feitos através de créditos e débitos nesta. Se os movimentos do dia forem de tal ordem que o volume financeiro na margem exceda o requerido, esta diferença pode ser exercida imediatamente. Por outro lado, é possível que seja solicitado um acréscimo nesta margem caso as perdas de um agente sejam tais que o volume da margem caia abaixo daquele requerido pela regulamentação específica.

As taxas de juros são variáveis de grande importância em qualquer comparação entre contratos futuros e a termo. Isto se deve ao fato de que os ganhos provenientes das

oscilações de mercado são “realizados” diariamente, no caso dos contratos futuros, porém apenas no exercício, em contratos a termo. Desta forma, dependendo da posição do agente no contrato futuro os ganhos diários podem ser reinvestidos gerando maior rentabilidade. Por outro lado, poderá ser necessário que se retire dinheiro de aplicações financeiras, reduzindo rendimentos para o pagamento de saldos diários.

Quando as oscilações não são suficientes para gerar uma nova chamada de margem ou retirada de financeiro da mesma, ainda assim a questão dos juros é relevante, já que na maioria dos casos os depósitos de margem são feitos em ativos remunerados.

Contratos futuros também são úteis como forma de *hedge*. A princípio, o conceito seria o mesmo daquele utilizado em contratos a termo, ou seja, posicionar-se no contrato futuro de forma oposta a posição que é mantida nos ativos da carteira. Este assunto será abordado mais especificamente no capítulo 4.

Apesar das pequenas diferenças existentes entre preços futuro e a termo, especialmente pelo fato das taxas de juros serem estocásticas, pode-se dizer que o câmbio futuro também está relacionado com o câmbio pronto pela "paridade das taxas de juros". Neste caso,

$$Z(t,T) = b S(t)$$

onde,

- $Z(t,T)$ é o câmbio futuro com exercício em $t + T$.

- $b = F(t, T) = \frac{[(1 + i(T/360))]}{[1 + i*(T/360)]}$ e é denominado delta futuro.

Se o delta futuro for maior que um, $Z(t, T)$ oscilará mais que $S(t)$, logo o volume financeiro de contratos futuros deve ser menor que aquele sendo "hedgeado". O oposto se dá quando $b < 1$.

Um outro ponto interessante também diz respeito aos ajustes diários de posições que ocorrem em contratos futuros. É comum fazer-se uma analogia entre estes tipos de contratos e um jogo de cara ou coroa. O que defende-se neste caso é que a probabilidade de movimentos do câmbio em relação a "aposta" de um agente é de 50% a favor ou contra, tal como no jogo de cara ou coroa. Assim, no "longo prazo", a expectativa de ganho ou perda realmente é zero.

Entretanto, esta analogia não é perfeita, afirmação que pode embasar-se em dois argumentos básicos. O primeiro é o fato de que o dinheiro possui custo intertemporal, sendo este custo a taxa de juros. Caso seja necessária a adição de margem nos casos de oscilação negativa em relação à posição de um investidor, pode-se somar à perda o custo de não mais se ter este valor financeiro aplicado, ou de ter que se tomar dinheiro no mercado para que o complemento de margem seja coberto. Da mesma forma, a valorização da posição gera um ganho ainda maior do que apenas seu valor financeiro, já que esta entrada de caixa pode ser investida, gerando também um retorno proveniente dos juros.

O segundo argumento se dá pela restrição financeira dos agentes envolvidos. Caso haja uma tal oscilação negativa que um agente fique impossibilitado de adicionar o montante de margem requerido, sua posição deve ser fechada e será realizado um

prejuízo. Desta forma, não será possível atingir o referido "longo prazo" que geraria a zeragem de ganhos ou perdas.

III.3. OPÇÕES

A principal peculiaridade das opções é o fato de que nestas compra-se apenas o direito de compra ou venda de um determinado bem. O exercício de um contrato de opções é facultativo ao agente que comprou este direito. É evidente então, que seja pago um prêmio por ele. Normalmente, ao contrário de contratos futuros, opções não são caracterizadas por ajustes diários.

Pode-se comprar uma opção de compra (*call*) ou uma opção de venda (*put*) de um determinado bem. Existem dois tipos de opções: européia e americana. No caso da primeira, a posição tem que ser levada até a data final do contrato e na segunda o exercício pode ser feito a qualquer momento.

Existem também três categorias de opções:

1. Opções de câmbio pronto: neste caso, o comprador da opção paga um prêmio para ter o direito de comprar (*call*) ou vender (*put*) uma determinada quantidade de moeda, a uma determinada taxa de câmbio, denominada preço de exercício, na data de exercício. É sempre válido lembrar que no caso de uma opção americana, pode-se exercê-la antes da data final do contrato.

2. Opções de futuros: estes contratos diferenciam-se daqueles do item 1, pois aqui, compra-se o direito de ficar *long* ou *short* em um contrato futuro, a um determinado preço, com uma determinada data de exercício.

3. *Future-Style Options*: neste caso, além dos direitos adquiridos por comprar uma opção de câmbio pronto, por exemplo, está se fazendo também uma aposta nas oscilações do preço da opção. Se um agente compra uma *call*, além de obter o direito de comprar a moeda, objeto do contrato, a uma determinada taxa de câmbio e com exercício em uma data no futuro, ele também se obriga a pagar ao vendedor valores correspondentes a desvalorizações desta opção; assim como este se obriga a pagar ao comprador os mesmo valores caso haja valorização. Cumpre notar que este tipo de operação não é realizada no Brasil.

III.3.1. RISCO DE CRÉDITO

Opções também envolvem risco de crédito. Em relação ao comprador da opção, este risco limita-se ao pagamento do prêmio. Já o vendedor é fonte de risco de crédito se ele não tiver condições de honrar o contrato se o comprador optar pelo exercício da opção. Visando minimizar estes riscos, câmaras de liquidação exigem o depósito de margens. Outra forma de garantia é a exigência de cartas de créditos abertas junto a bancos previamente determinados, geralmente bancos de "primeira linha" (*rated banks*).

III.3.2. PRINCÍPIOS

Antes de analisar alguns princípios utilizados na precificação de opções, é necessário determinar algumas notações:

1. $C(t)$: preço de uma *call* americana para 1 unidade de moeda estrangeira em um câmbio pronto

2. $P(t)$: preço de uma *put* americana para 1 unidade de moeda estrangeira em um câmbio pronto

3. $c(t)$: preço de uma *call* européia para 1 unidade de moeda estrangeira em um câmbio pronto

4. $p(t)$: preço de uma *put* européia para 1 unidade de moeda estrangeira em um câmbio pronto

5. No caso de câmbio futuros, as notações serão as mesmas acrescidas de *, como $C^*(t)$ para simbolizar o preço de uma *call* americana para 1 unidade de moeda estrangeira

6. No caso de *future-style options*, as notações serão as mesmas acrescidas de **, como $C^{**}(t)$ para simbolizar o preço de uma *call* americana para 1 unidade de moeda estrangeira

7. X : preço de exercício

8. $S(t)$: câmbio pronto

9. $Z(t)$: câmbio futuro

10. t : data inicial do contrato

11. T : duração do contrato (data de exercício = $t + T$)

12. $B(t, T)$: preço de um título de renda fixa que paga ao final de seu prazo (T) o equivalente a uma unidade monetária doméstica

13. $B^*(t, T)$: preço de um título de renda fixa que paga ao final de seu prazo (T) o equivalente a uma unidade monetária estrangeira.

- 1º Princípio

O valor mínimo que uma opção pode obter é zero. Isto se deve ao fato de que a opção dá ao comprador desta o direito, mas não a obrigação de exercê-la. Assim, situações em que o exercício poderia gerar um valor negativo para uma opção são ignoradas, já que, nestes casos, simplesmente não haveria exercício. Estas seriam as situações em que as opções atingiriam seus preços mínimos, ou seja, zero.

- 2º Princípio

Na data de exercício, o valor de uma opção é igual ao maior dos seguintes valores: zero (caso não seja interessante o exercício da opção) ou seu valor de exercício. No caso de opção de compra, o valor de exercício equivale a $S(t + T) - X$, e no caso de uma opção de venda, $X - S(t + T)$.

Assim, para opções em câmbio pronto:

$$\Rightarrow C(t + T) = \max (0, S(t + T) - X)$$

$$\Rightarrow c(t + T) = \max (0, S(t + T) - X)$$

$$\Rightarrow P(t + T) = \max (0, X - S(t + T))$$

$$\Rightarrow p(t + T) = \max (0, X - S(t + T))$$

e em futuro,

$$\Rightarrow C^*(t + T) = \max (0, Z(t + T) - X)$$

$$\Rightarrow c^*(t + T) = \max (0, Z(t + T) - X)$$

$$\Rightarrow P^*(t + T) = \max (0, X - Z(t + T))$$

$$\Rightarrow p^*(t + T) = \max (0, X - Z(t + T))$$

- 3º Princípio

Opções americanas são mais caras do que as européias durante todo o período anterior à data final do contrato. Isto se deve ao fato de que no caso de opções americanas (tanto *calls* quanto *puts*) o comprador tem a liberdade para exercer seu direito a qualquer momento, enquanto no caso de opções européias ele tem que esperar o término do contrato. Assim, qualquer variável que estimule o agente a exercer uma opção antes de seu vencimento provocará uma valorização de uma opção americana relativamente a uma opção européia.

Assim:

$$C(t) \geq \max(c(t), S(t) - X)$$

$$P(t) \geq \max(p(t), X - S(t))$$

$$C^*(t) \geq \max(c^*(t), Z(t) - X)$$

$$P^*(t) \geq \max(p^*(t), X - Z(t))$$

obs: se $C(t) < S(t) - X$ se concretiza uma possibilidade de arbitragem. Neste caso um agente compraria uma opção de compra americana e imediatamente a exerceria vendendo em seguida o volume de moeda estrangeira adquirido. Desta forma, seu resultado seria $S(t) - X - C(t) > 0$. Possivelmente obtém-se um lucro certo sem incorrer em qualquer risco.

Todavia, ao contrário de opções européias, não foi desenvolvida ainda uma fórmula simples e genérica de precificação para opções americanas. Porém, é verdade que tal valor pode ser calculado através de algoritmos.

- 4º Princípio

Supondo duas opções americanas com as mesmas características, excetuando-se o prazo para o exercício, a que tiver o prazo mais longo será mais valorizada. Este princípio é altamente intuitivo. Como opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento até o vencimento, aquela cujo prazo for mais longo fornece maior “liberdade” para o investidor, já que ela poderia ser exercida na data da segunda, mais curta, ou em algum momento posterior.

Por outro lado as conclusões do parágrafo anterior não valem para opções européias. Estas só podem ser exercidas em suas respectivas datas de vencimento, logo a diferença de prazo não é fator para diferenciação de preço.

- 5º Princípio

Supondo duas opções de compra com as mesmas características exceto pelo preço de exercício, aquela que tiver o preço menor será mais valorizada. Isto ocorre pois o preço mais baixo dá o direito ao comprador da *call* a comprar a moeda estrangeira por um preço mais interessante. Análise semelhante pode ser feita para opções de venda. Entretanto, neste caso o aumento no preço de exercício valoriza a opção.

- 6º Princípio

O preço de uma opção européia de câmbio pronto é o mesmo de uma opção de futuro com exercício na mesma data do exercício da própria opção. Isto ocorre pois na data de exercício $Z(t + T) = S(t + T)$.

- 7º Princípio

Suponha os seguintes portfólios:

Portfólio 1:

Compra-se uma *call* européia pelo valor de $c[S(t), T, X, t]$ para a compra de uma unidade de moeda estrangeira.

Compra-se o equivalente a X títulos em moeda nacional, descontados pelo preço de $B(t,T)$.

Desta forma, o investimento inicial é $c + XB$.

Portfólio 2:

Compra-se um título em moeda estrangeira pelo preço em moeda nacional de $S(t)B^*(t,T)$.

Neste caso, o investimento inicial é de SB^* .

Dado que em $t + T$ os valores dos títulos serão equivalente a uma unidade monetária doméstica e estrangeira respectivamente e que o valor da *call* será $c[S(t + T) - X, T, 0] = \max [(0, S(t + T) - X)]$, os valores dos portfólios serão:

	Valor do portfólio 1	Valor do portfólio 2
$S(t + T) < X$	X	$S(t + T)$
$S(t + T) \geq X$	$S(t + T)$	$S(t + T)$

É fácil verificar que o *payoff* do portfólio 1 não terá valor menor que o do portfólio 2 em nenhuma circunstância. Desta forma o primeiro deverá ter seu preço, em equilíbrio, no mínimo tão grande quanto o do segundo.

$$c + XB \geq SB^*$$

Pode se concluir também que, como uma *call* americana é pelo menos tão valiosa quanto uma europeia,

$$C[S(t), X, t, T] \geq c[S(t), X, t, T] \geq s(t)B^*(t, T) - XB(t, T)$$

É válido lembrar que conclusão semelhante pode ser tirada para as *puts*,

$$P[S(t), X, t, T] \geq p[S(t), X, t, T] \geq XB(t, T) - s(t)B^*(t, T)$$

- 8º Princípio

A fórmula da paridade coberta das taxas de juros pode ser rescrita da seguinte forma:

$$F(t, T) = S(t)B^*(t, T) / b(t, T)$$

Utilizando a equação derivada no 7º Princípio, chega-se a

$$C[S(t), X, t, T] \geq c[S(t), X, t, T] \geq B(t, T)[F(t, T) - X]$$

Conclui-se que uma *call* em uma unidade de moeda estrangeira deve ser no mínimo tão valiosa quanto a diferença descontada entre o câmbio a termo e o preço de exercício. Caso contrário, seria possível arbitrar. Para isso, poder-se-ia tomar o dinheiro no mercado para comprar a *call*, valor esse que seria inferior a $F - X$ descontado. Além disso vender-se-ia câmbio a termo pelo valor de $F(t, T)$. No vencimento, seria obtida uma receita de $F - X$, porém o saldo devedor seria inferior a este valor, já que o

necessário para a compra da *call* era um valor menor que o descontado. Seria possível então auferir um lucro sem risco.

Para as *puts*,

$$P[S(t), X, t, T] \geq p[S(t), X, t, T] \geq B(t, T)[X - F(t, T)]$$

- 9º Princípio

Suponha os seguintes portfólios:

Portfólio 1:

Comprar uma *put* pelo valor de $p[S(t), X, T, T]$

Portfólio 2:

Emitir um título em moeda estrangeira no valor de $B^*(t, T)$ e vender câmbio pronto pelo valor de $S(t)B^*(t, T)$.

Comprar títulos em moeda doméstica no valor de $XB(t, T)$.

Comprar uma *call* em uma unidade de moeda estrangeira pelo valor de $c[S(t), X, t, T]$.

No portfólio 2, o investimento inicial é de $c - SB^* + XB$.

Desta forma, os *payoffs* serão:

	Valor do portfólio 1	Valor do portfólio 2
$S(t+T) < X$	$X - S(t+T)$	$X - S(t+T)$
$S(t+T) \geq X$	0	0

Em qualquer conjectura, o valor dos portfólios é o mesmo. Assim, pode-se concluir que:

$$p[S(t), X, t, T] = c[S(t), X, t, T] - S(t)b^*(t, T) + XB(t, T)$$

É possível verificar então uma relação entre os valores de *call* e *put* europeias.

Usando ainda as relações do 9º Princípio, pode-se concluir também que

$$p[S(t), X, t, T] = c[S(t), X, t, T] + B(t, T)[X - F(t, T)]$$

Ou seja, a diferença entre o preço de uma *put* europeia e uma *call* europeia é exatamente a diferença descontada entre o preço do câmbio a termo e o preço de exercício da opção.

Estes são alguns princípios básicos na análise de preço de opções. No caso destas, por exemplo, foi possível concluir que suas regras são determinantes na precificação e estabelecimento de limites do preço de algumas delas, sem os quais, tornar-se-ia sem liquidez o mercado de outras. É válido lembrar que, em alguns momentos o preço

destas opções pode divergir daquele determinado pelos princípios acima descritos. Porém, como já foi dito, isto geraria possibilidades de arbitragem que, a medida que os agentes de mercado as detectassem, elas seriam naturalmente eliminadas, trazendo os preços novamente para níveis compatíveis com as restrições acima levantadas.

IV. HEDGE

O *hedge* é a operação na qual o investidor se protege contra possíveis riscos. Para isso ele utiliza os diversos instrumentos que o mercado lhe oferece, alguns dos quais foram discutidos no capítulo anterior. No entanto, a constituição de um *hedge* não é muito simples. Na maioria dos casos, o risco não pode ser totalmente eliminado, tendo o *hedge* o poder apenas de atenuá-lo. Ao longo deste capítulo serão estudadas algumas variáveis relevantes na constituição deste tipo de operação.

IV.1. HEDGE SEM RISCO

O *hedge* sem risco poderia também ser chamado de *hedge* perfeito. Neste caso, ele deve ser totalmente independente de variáveis estocásticas. Na verdade, se o preço de dois ativos dependerem da mesma variável estocástica, é possível criar um *hedge* perfeito. No mesmo raciocínio, supondo N variáveis estocásticas, é possível constituir um *hedge* sem risco utilizando $N + 1$ ativos cujos preços dependam destas N variáveis.

Na busca da perfeição na eliminação de riscos, a utilização de derivativos também é constante. Entretanto, esta perfeição pode ser instantânea ou permanente, dependendo do tipo de ativo utilizado na constituição do *hedge*. Em diversas situações, é necessário o acompanhamento e balanceamento constante das posições visando

manter a mesma qualidade de proteção. Contudo, é necessário definir até que ponto o risco de uma empresa é sustentável já que, conforme citado anteriormente, os custos de transação podem tornar o ajuste constante de um *hedge* extremamente caro.

IV.2. HEDGE COM OPÇÕES

Em termos de *hedge*, as opções funcionam como um seguro. O preço da opção seria equivalente ao prêmio de seguro. Por exemplo, se um agente compra uma *put*, ele está comprando um seguro contra uma possível desvalorização do bem em questão. No caso específico de transações cambiais, opções de venda criam um piso em relação a quanto o agente comprador da *put* conseguirá obter pela venda de moeda estrangeira. Este piso equivale ao preço de exercício subtraído do prêmio da opção (neste caso, não sendo considerado o custo de juros, derivado do fato do prêmio ser geralmente pago no início da operação). De forma contrária, a compra de uma *call* gera uma garantia de um limite superior para o preço que deverá ser pago, a fim de adquirir uma determinada quantidade de moeda estrangeira. Da mesma forma, este teto terá o valor da soma do preço de exercício da *call* e do respectivo prêmio pago pela opção. Novamente, não foram considerados os custos de juros, por se pagar o prêmio no início da operação.

Outro ponto importante em relação à utilização de opções, como forma de *hedge*, é que ela cria um piso para seus prejuízos, porém, não limita seus lucros, como no caso de contratos futuros e a termo. É claro que há uma compensação por esta vantagem, o que está imbutido no prêmio da opção.

IV.3. O MONITORAMENTO DO *HEDGE*

Para o monitoramento e balanceamento do *hedge* podem ser utilizadas, entre outras, as variáveis estudadas na seção 2.3. Nestes casos, deve-se buscar a neutralidade das referidas variáveis, fato que eliminaria os efeitos nocivos das oscilações.

Em relação ao delta, dependendo de seu valor, deve-se manter posições compradas no ativo subjacente, e vendidas no derivativo, ou vice-versa. Por exemplo, suponha que o delta de uma opção de compra é 0,7. Assim, a variação no preço desta opção corresponderá a 70% da variação do preço do ativo subjacente. Suponha que o agente venda 10 contratos de opções - correspondendo ao direito de comprar US\$ 1000,00 - e que a taxa de câmbio seja equivalente a R\$1.1/US\$. Neste caso, a delta-neutralidade seria obtida comprando US\$ 700,00 ($0.7 \times \text{US\$ } 1000,00$). Desta forma, supondo que a taxa de câmbio suba para R\$1.2/US\$, ele obteria um ganho de R\$ 70,00 na posição comprada de dólares, que compensaria a perda de R\$ 70,00 na posição vendida em opções, já que a opção valorizou em R\$0,07 ($0,07 \times 1000$).

É claro que mudanças nas posições devem ser devidamente ajustadas. Todavia, é necessário manter um monitoramento constante para evitar surpresas, porque o próprio valor do delta pode ser alterado com o tempo ou pelo efeito de outros fatores. A própria variação no preço do ativo subjacente pode provocar alterações no delta, o que será medido pelo gama.

Exemplo⁴

Um banco vendeu uma opção européia de venda de 1.000.000,00 de libras com prazo para o vencimento de 6 meses, à taxa de câmbio de 1,6. Suponha que a taxa de câmbio corrente seja 1,62, a taxa de juros sem risco na Inglaterra seja 13%^{aa}, a taxa de juros sem risco nos Estados Unidos seja de 10%^{aa} e a volatilidade da libra seja 15%. Utilizando as fórmulas anteriormente colocadas, pode-se concluir que

$$d_1 = 0,0287$$

$$N(d_1) = 0,5115$$

$$\Delta = -0,458$$

Este é o delta de uma posição comprada em uma *put*. O delta da posição vendida total é aquele multiplicado por -1.000.000,00, ou seja, 458.000,00. Para se tornar o portfólio delta-neutro será necessário tomar uma posição vendida em 458.000,00 libras. É válido lembrar que esta posição deve ser monitorada para manutenção da delta-neutralidade.

O delta de um portfólio pode ser obtido através da soma ponderada dos deltas dos derivativos que o compõem.

$$\Delta = \sum_{i=1}^n w_i \Delta_i$$

⁴ Hull, John, 1997. P. 318..

Assim como no caso do delta, deve-se buscar também a gama-neutralidade. Da mesma forma, seu monitoramento é fundamental pois as oscilações do mercado geram variações em seu valor.

Supondo um portfólio que possua gama igual a Γ e que seja delta neutro. Caso sejam incluídas neste portfólio opções com gama igual a Γ_i , o gama do portfólio passará a ser igual a $\Gamma + w_i \Gamma_i$, onde w_i é a quantidade de opções negociadas. Para que este portfólio se torne gama neutro deve-se adicionar o equivalente a $-\Gamma/\Gamma_i$ opções, logo $w_i = -\Gamma/\Gamma_i$. É válido lembrar que mais um ajuste deve ser feito visando manter o portfólio delta-neutro, já que a compra ou venda das opções certamente mudará estes parâmetros.

Exemplo⁵

Suponha que um portfólio é delta-neutro e seu gama é igual a - 3.000. O delta e o gama de uma determinada opção são, respectivamente 0,62 e 1,50. O portfólio pode se tornar gama-neutro incluído na carteira uma posição comprada de 2.000 opções de compra (3.000/1,50).

Entretanto, esta inclusão fará com que o portfólio perca sua delta-neutralidade. Para que esta seja mantida, será necessário que o administrador do portfólio venda o equivalente a 1.240 unidades do ativo original (2.000 x 0,62)

Da mesma forma, visando obter-se um portfólio vega-neutro, deve-se realizar operações semelhantes àquelas apontadas no exemplo da variável gama. Neste caso, o número de opções a ser incluídas no portfólio é $-v/v_i$.

⁵ Hull, John, 1997. P. 325.

É difícil obter um portfólio que seja vega-neutro e gama-neutro simultaneamente. Para isso, seria necessário a inclusão de pelo menos dois derivativos relativos ao ativo original.

Exemplo⁶

Suponha um portfólio delta neutro, com gama igual a - 5.000 e vega igual a - 8.000. Suponha que uma opção tenha gama igual a 0,5, um vega de 2,0 e um delta de 0,6. Para fazer com que o portfólio se torne vega neutro deve-se incluir uma posição comprada de 4.000 opções. Consequentemente, o delta subirá para 2.400 e deverão ser vendidas 2.400 unidades do ativo original com a finalidade de se manter a neutralidade do delta. Após estas alterações, o gama então passaria a ter o valor de -3.000.

Para fazer com que o portfólio se torne vega-neutro e gama-neutro simultaneamente, é necessário utilizar-se mais um derivativo. Neste exemplo será utilizada mais uma opção com gama de 0,8, vega de 1,2 e delta de 0,5. Sendo w_1 e w_2 as respectivas quantidades de opções incluídas no portfólio, a neutralidade das variáveis será atingida quando,

$$-5.000 + 0,5 w_1 + 0,8 w_2 = 0$$

$$-8.000 + 2,0 w_1 + 1,2 w_2 = 0$$

Não é difícil verificar que a solução será $w_1 = 400$ e $w_2 = 6.000$. Estas são as quantidades dos dois tipos de opção que devem ser incluídas no portfólio para que ele se torne gama-neutro e vega-neutro.

Finalizando, deve-se apenas fazer o ajuste para torná-lo também delta neutro, posição não sustentada devido às inclusões de opções ao portfólio. Neste caso devem ser vendidas

⁶ Hull, John, 1997. P. 328.

o equivalente a 3.240 ($400 \times 0,6 + 6.000 \times 0,5$) unidades do ativo original.

Estas são algumas das variáveis relevantes na medição do risco e a forma pela qual deve ser feito seu monitoramento e balanceamento buscando a otimização do *hedge*. Nunca é demais ressaltar que este balanceamento envolve diversos custos de transação, e que torna-se variável extremamente relevante a determinação do ponto onde o risco toma tais proporções que o ajuste é realmente indispensável.

IV.4. OS RISCOS DO *HEDGE*

Como já foi dito, é bastante difícil obter um *hedge* perfeito. No caso de *hedges* usando o mercado futuro, deve-se comprar o contrato futuro quando o agente tem consciência de que terá que comprar um determinado ativo, operação esta que é chamada de *long hedge*. Decisão oposta deve ser tomada caso a necessidade futura seja de venda do ativo (*short hedge*).

Por outro lado, alguns fatores irão contribuir para a imperfeição do *hedge*. Dentre eles, destacam-se: a possibilidade do ativo a ser "hedgeado" não ser o mesmo daquele que é objeto do contrato futuro, incerteza em relação a data exata da negociação do ativo a ser "hedgeado", e o fato de que os contratos futuros possuem vencimentos pré-determinados, podendo não coincidir com o vencimento da operação futura do agente.

IV.4.1. O RISCO DE BASE

No caso específico de um hedge cambial, se um portfólio contém ativos em dólares, deve-se entrar “*short*” em um contrato futuro. A diferença se dá na sintonia que deve ser feita diariamente para manter as duas posições “casadas”. Este cuidado deve ser tomado já que as oscilações cambiais diárias e os respectivos ajustes no contrato futuro podem gerar “descasamentos” que devem ser ajustados através da compra ou venda de contratos. Nestas condições, seria importante utilizar como *hedge* um contrato que possua elevada correlação com o ativo “hedgeado”.

Em *hedges* com contratos futuros, existe um risco que dificilmente pode ser eliminado totalmente, sendo este o “risco de base”. Pode-se dizer, no caso de um *hedge* cambial, que sua base seja a diferença entre o câmbio pronto e o futuro. O risco em questão se dá exatamente pelo fato de que em *hedges* com futuros, esta diferença é mais difícil de ser mantida. Se o câmbio pronto aumenta mais que o futuro, diz-se que a base está sendo alargada. Ao contrário, caso o aumento no câmbio futuro supere o do câmbio pronto, pode-se dizer que está sendo encurtada.

Na análise do risco de base, a seguinte notação será utilizada:

S_1 : Câmbio pronto em t_1

S_2 : Câmbio pronto em t_2

F_1 : Câmbio futuro em t_1

F_2 : Câmbio futuro em t_2

b_1 : Base em t_1

b_2 : Base em t_2

De acordo com a definição de base,

$$b_1 = S_1 - F_1$$

$$b_2 = S_2 - F_2$$

No futuro, o valor real do ativo "hedgeado" será,

$$S_2 + F_1 - F_2 = F_1 + b_2$$

pois seu valor corresponderá ao preço do ativo somado ao resultado do contrato futuro (*hedge*). No caso de ser uma venda futura, $F_1 - F_2$ representará o ganho com a posição. O contrário pode-se verificar para o caso de haver uma compra futura.

De qualquer forma, como F_1 é sabido em t_1 , se fosse possível prever o valor de b_2 poder-se-ia obter um *hedge* perfeito. Assim, o risco inerente à determinação do valor de b_2 é um determinante do risco de base. No caso de ativos financeiros, como o próprio câmbio, este risco é um pouco reduzido especialmente pelo desenvolvimento de relações entre os preços presentes e futuros. Neste caso, o risco em questão passa a ser mais influenciado pela incerteza em relação às taxas de juros, especialmente aquelas dos ativos ditos sem risco.

Nos casos em que o ativo a ser "hedgeado" e aquele que é objeto do contrato futuro são diferentes, o risco de base tende a se elevar. A expressão do valor do ativo

em t_2 continua a mesma $(S_2 + F_1 - F_2)$, mas, assumindo S^*_2 como sendo o preço do ativo objeto do contrato futuro em t_2 , a equação pode ser rescrita como

$$F_1 + (S^*_2 - F_2) + (S_2 - S^*_2)$$

O $S^*_2 - F_2$ é o termo que já existia quando os ativos eram iguais e o termo $S_2 - S^*_2$ foi acrescentado devido à diferença entre os ativos, que gera o aumento do risco de base.

Em relação ao problema do descasamento de vencimentos, normalmente é feita uma "rolagem" do contrato futuro através do fechamento da posição em um contrato futuro, e a correspondente contratação de um outro com data de vencimento mais distante. Cada um deles terá seu respectivo risco de base, já que há incertezas entre os preços futuros do contrato que está sendo fechado e aquele que está sendo contratado. Entretanto, muitas vezes existe uma flexibilidade quanto a data exata em que a mudança deverá ocorrer. Desta forma, pode ser feito um acompanhamento para que a referida operação seja realizada de forma a minimizar o risco.

Exemplo⁷

Em abril de 1996 uma empresa acerta a venda de 200.000 barris de petróleo para Junho de 1997 e decide hedgear o risco com uma taxa de *hedge* de 1,0. O preço à vista é US\$ 19. Embora contratos futuros são negociados para todo mês até o prazo de 18 meses, suporemos que apenas os seis primeiros meses terão liquidez compatível com a demanda da empresa. A empresa vende então 100 contratos com vencimento em outubro de 1996. Em setembro ela "rola" o contrato até março de 1997 e, em fevereiro, até julho.

⁷ Hull, John, 1997. P. 38.

Suponha que entre abril de 1996 e junho de 1997 o preço tenha caído para US\$16. Suponha ainda, que o contrato de out/96 seja vendido a US\$ 18,20 por barril e liquidado a US\$ 17,40, gerando um lucro de US\$ 0,8 por barril; o de mar/97 seja vendido a US\$ 17,00 por barril e liquidado a US\$ 16,50 gerando um lucro de US\$ 0,5 por barril; o de jul/97 seja vendido a US\$ 16,30 por barril e liquidado a US\$ 15,90 gerando um lucro de US\$ 0,4 por barril. Neste caso, os contratos futuros geraram uma compensação de US\$ 1,70 por barril para a queda de US\$ 3,00 por barril.

IV.5. O HEDGE ÓTIMO

Como no caso das variáveis estudadas na seção 4.3, a posição que deve ser tomada no contrato futuro, visando a maximização da qualidade do *hedge*, normalmente não se apresenta na relação 1:1 com o ativo subjacente. No cálculo desta proporção serão utilizadas as seguintes notações:

ΔS : variação no câmbio pronto durante o período do *hedge*.

ΔF : variação no câmbio futuro durante o período do *hedge*.

σ_s : desvio-padrão de ΔS

σ_F : desvio-padrão de ΔF

ρ : coeficiente de correlação entre ΔF e ΔS

h : razão do *hedge*

Tentaremos então, minimizar a variância do valor do *hedge*, em relação ao h . Supondo que o agente esteja comprado no ativo e vendido no futuro, a variação na posição do *hedge* será equivalente a

$$\Delta S - h\Delta F$$

É claro que se suas posições forem opostas, a variação da posição se dará pelo simétrico do valor acima.

De qualquer forma, a variância do valor do *hedge* se dará por

$$v = \sigma_S^2 + h^2 \sigma_F^2 - 2h\rho\sigma_S\sigma_F$$

A minimização é obtida extraindo-se a derivada primeira da equação da variância com relação a h e a igualando a zero (condição de primeira ordem). Pode-se dizer então que

$$\frac{\partial v}{\partial h} = 2h\sigma_F^2 - 2\rho\sigma_S\sigma_F$$

Lembrando que a segunda derivada é positiva, pode-se obter o valor de h que efetivamente minimiza a variância

$$h = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}$$

IV.6. UMA SIMULAÇÃO COM BASE EM DADOS BRASILEIROS

Será feita agora, uma simulação de um delta-hedge, utilizando dados mais próximos da realidade brasileira. Poderemos observar como se posiciona um agente em seu gerenciamento de risco.

Suponha que um agente tenha uma posição comprada de US\$ 100,00 que é corrigida pela taxa de juros externa de 10,30%, através de juros simples. Esta posição será mantida ao longo do mês de setembro de 1997, quando a taxa de juros interna, que poderia ser representada pelo CDI, manteve-se em 21,50%.

Para realizar seu *hedge* o agente utilizou *calls* de preço de exercício US\$ 1,1100/R\$ e vencimento em 31/10/97. Os preços das opções foram calculados segundo a fórmula de *Black-Scholes*, e seu valor é cotado para uma opção de compra em 1 dólar.

Para se obter um portfólio delta-neutro, o agente deveria manter uma posição vendida em opções de câmbio conforme mostra a tabela a seguir.

Data	Taxa de Câmbio	delta	prêmio	Posição Comprada (US\$)	Posição Comprada (R\$)	Posição Vendida em Opções	Receita de Venda de Opções (R\$)	Resultado da Posição Comprada (R\$)	Resultado da Posição Vendida (R\$)
01/09/97	1.09160	0.54	0.008825	100.00	109.16	186.14	1.64		
02/09/97	1.09140	0.52	0.009186	100.03	109.17	190.68	0.04	-0.02183	0.06353
03/09/97	1.09220	0.54	0.007827	100.06	109.28	184.83	-0.05	0.06740	-0.13316
04/09/97	1.09250	0.55	0.007159	100.09	109.34	183.59	-0.01	0.03279	-0.04167
05/09/97	1.09250	0.54	0.006036	100.11	109.38	184.01	0.00	0.00000	0.00254
08/09/97	1.09290	0.53	0.005624	100.20	109.51	190.24	0.04	0.04377	-0.00872
09/09/97	1.09290	0.52	0.005435	100.23	109.54	194.01	0.02	0.00000	0.02046
10/09/97	1.09290	0.51	0.005409	100.26	109.57	198.07	0.02	0.00000	0.02194
11/09/97	1.09180	0.47	0.005413	100.29	109.49	214.39	0.09	-0.12041	0.20878
12/09/97	1.09220	0.47	0.005875	100.31	109.56	212.78	-0.01	0.04381	-0.05330
15/09/97	1.09220	0.45	0.005236	100.40	109.66	225.32	0.07	0.00000	0.06589
16/09/97	1.09282	0.45	0.005600	100.43	109.75	221.01	-0.02	0.06603	-0.09218
17/09/97	1.09282	0.45	0.005379	100.46	109.78	225.35	0.02	0.00000	0.02337
18/09/97	1.09380	0.46	0.005289	100.49	109.91	218.92	-0.03	0.10768	-0.14170
19/09/97	1.09420	0.46	0.005030	100.52	109.98	219.13	0.00	0.04398	-0.04295
22/09/97	1.09430	0.44	0.005069	100.60	110.09	229.24	0.05	0.01100	0.04026
23/09/97	1.09490	0.43	0.004135	100.63	110.18	231.73	0.01	0.06609	-0.05577
24/09/97	1.09520	0.43	0.003862	100.66	110.24	234.31	0.01	0.03306	-0.02310
25/09/97	1.09540	0.41	0.003028	100.69	110.29	244.98	0.03	0.02205	0.01026
26/09/97	1.09550	0.41	0.003153	100.72	110.33	247.40	0.01	0.01103	-0.00342
29/09/97	1.09610	0.39	0.002846	100.80	110.49	259.35	0.03	0.06624	-0.03223
30/09/97	1.09620	0.37	0.002451	100.83	110.53	272.27	0.03	0.01105	0.02062

Do dia 2/9 para o dia 3/9, ocorreu uma desvalorização equivalente à US\$ 0,0008/R\$ que provocou uma perda de R\$ 0,0874 provocada pelas 190,68 *calls* que o investidor possui em seu portfólio ($0,52 \times 190,68 \times 0,0008$). Contudo, o prejuízo seria eliminado pelos US\$ 100,00 comprados e devidamente corrigidos, que provocariam um ganho também equivalente a US\$ 0,0874.

No caso específico da planilha, há uma diferença entre os resultados das posições compradas e vendidas em reais. Esta diferença ocorre porque no cálculo da última estão incluídos os fluxos consequentes dos ajustes do *hedge*. Esta variável também deve ser estudada. Pode-se observar que a venda inicial de opções gerou uma entrada de caixa equivalente a R\$ 1,64. Por outro lado, o ajuste realizado do dia 2 para o dia 3, provocou uma saída equivalente a R\$ 0,05. Em um horizonte de prazo mais longo, esses fluxos, associados a suas respectivas remunerações, podem ser responsáveis por alterações sensíveis nos cálculos deste tipo de operação. Como observaremos, os efeitos se tornam ainda mais sensíveis em caso de variações pontuais elevadas.

Por outro lado, algumas considerações devem ser feitas. Primeiramente, não é possível obter frações de *calls*. Assim, algum descasamento seria inevitável. Somado a isso, deve-se mencionar mais uma vez a questão dos custos de transações. De maneira alguma a empresa deve deixar de manter um monitoramento constante. Entretanto, seria extremamente oneroso balancear diariamente o portfólio conforme a tabela acima. As decisões quanto ao limite de risco que a empresa deve se expor passa a ser objeto de decisão por parte dos seus administradores.

Cumpramos notar que os valores acima verificados podem parecer irrelevante para um instituição vendida em US\$ 100,00. Porém, em um universo de milhões de dólares -

que é a realidade de vários bancos e empresas no mundo inteiro - esta perda pode se tornar bastante significativa.

Outro fator a ser analisado é a continuidade das oscilações do mercado de câmbio. É certo que em um momento de estabilidade e pouco nervosismo no mercado financeiro, como um todo, é natural que as taxas de câmbio variem desta forma. Entretanto, grandes alterações pontuais são passíveis de acontecer, principalmente nos países emergentes, como o Brasil. A tabela a seguir simula uma desvalorização cambial de 15% no dia 16/09. Nos dias subsequentes, será mantida a mesma magnitude de desvalorização ocorrida na primeira tabela.

Data	Taxa de Câmbio	delta	prêmio	Posição Comprada (US\$)	Posição Comprada (R\$)	Posição Vendida em Opções	Receita de Venda de Opções (R\$)	Resultado da Posição Comprada (R\$)	Resultado da Posição Vendida (R\$)
01/09/97	1.09160	0.54	0.008825	100.00	109.16	186.14	1.64		
02/09/97	1.09140	0.52	0.009186	100.03	109.17	190.68	0.04	-0.02183	0.06353
03/09/97	1.09220	0.54	0.007827	100.06	109.28	184.83	-0.05	0.08740	-0.13316
04/09/97	1.09250	0.55	0.007159	100.09	109.34	183.59	-0.01	0.03279	-0.04167
05/09/97	1.09250	0.54	0.006036	100.11	109.38	184.01	0.00	0.00000	0.00254
08/09/97	1.09290	0.53	0.005624	100.20	109.51	190.24	0.04	0.04377	-0.00872
09/09/97	1.09290	0.52	0.005435	100.23	109.54	194.01	0.02	0.00000	0.02046
10/09/97	1.09290	0.51	0.005409	100.26	109.57	198.07	0.02	0.00000	0.02194
11/09/97	1.09180	0.47	0.005413	100.29	109.49	214.39	0.09	-0.12041	0.20878
12/09/97	1.09220	0.47	0.005875	100.31	109.56	212.78	-0.01	0.04381	-0.05330
15/09/97	1.09220	0.45	0.005236	100.40	109.66	225.32	0.07	0.00000	0.06569
16/09/97	1.25603	0.99	0.159396	100.43	126.14	101.73	-19.70	20.65996	-40.35997
17/09/97	1.25603	0.99	0.159106	100.46	126.18	101.73	0.00	0.00000	-0.00002
18/09/97	1.25716	0.99	0.159927	100.49	126.33	101.73	0.00	0.14225	-0.14227
19/09/97	1.25762	0.99	0.160090	100.52	126.41	101.73	0.00	0.05810	-0.05812
22/09/97	1.25773	0.99	0.159330	100.60	126.53	101.73	0.00	0.01453	-0.01461
23/09/97	1.25842	0.99	0.159720	100.63	126.63	101.73	0.00	0.08730	-0.08733
24/09/97	1.25877	0.99	0.159769	100.66	126.70	101.73	0.00	0.04368	-0.04371
25/09/97	1.25900	0.99	0.159704	100.69	126.76	101.73	0.00	0.02913	-0.02916
26/09/97	1.25911	0.99	0.159526	100.72	126.81	101.73	0.00	0.01457	-0.01460
29/09/97	1.25980	0.99	0.159330	100.80	126.99	101.73	0.00	0.08750	-0.08760
30/09/97	1.25991	0.99	0.159151	100.83	127.04	101.73	0.00	0.01460	-0.01463

Como é possível verificar, o efeito da desvalorização é bastante nocivo ao portfólio do agente. As perdas excederam os ganho numa proporção de 1,95, com uma contribuição considerável do custo gerado pelo aumento do preço da opção após a desvalorização cambial - o próprio rebalanceamento do *hedge* será bem mais caro. Isto mostra que o delta-hedge não estaria preparado para estes tipos de conjuntura de

mercado. Neste ponto fica evidente também, que se deve buscar a gama-neutralidade, para assim minimizar estes tipos de efeitos.

Neste mesmo foco de análise, questiona-se o quanto preciso é o valor fornecido pelo modelo de *Black-Scholes* para o preço das opções. Em 20 de novembro de 1997, foi possível observar que a taxa de juros interna, representada pelo CDI, era de 4,45% OVER; a taxa de juros externa, expressada pela *libor*, estava em 6%; a volatilidade do câmbio era de 3%; o câmbio à vista era 1.108,10; o preço de exercício da opção era 1.150,00; e seu vencimento, 31 de dezembro de 1997. Com estes dados, o modelo preveria um preço de 7,83 para esta *call*. O mercado fechou naquele dia a 9,40. Qual seria a razão para esta inflação? Dois fatores contribuem fortemente para esta distorção. O primeiro diz respeito ao fato do modelo estar melhor desenvolvido para oscilações em tempo contínuo, fazendo com que sensíveis variações em tempo discreto sejam suficientes para que as diferenças ocorram. Os agentes então incorporariam este componente em suas precificações.

O outro fator está diretamente relacionado com a conjuntura econômica mundial. As incertezas quanto às direções que as variáveis do mercado tomarão faz com que a demanda por instrumentos de *hedge* cresça. No nosso caso específico, um dos maiores temores é quanto a desvalorização cambial. Assim a demanda por *calls* aumentaria e contribuiria para a sobrevalorização destes ativos.

Mesmo não sendo especialmente complexos, estes exemplos puderam mostrar a dificuldade e importância da estruturação de um *hedge* efetivamente eficiente.

V. MERCADO DE CÂMBIO NO BRASIL

O mercado de câmbio no Brasil possui algumas peculiaridades. Aqui, o Estado detém o monopólio das divisas, sendo este representado pelo Banco Central (BACEN). Suas justificativas básicas: o controle das políticas monetária e cambial e da evasão de divisas.

Um banco objetivando operar câmbio deve seguir determinadas regras estabelecidas pelo BACEN. Os bancos poderão comprar e vender moeda estrangeira durante o dia, porém, ao final deste, suas posições comprada ou vendida devem estar dentro dos limites previamente estabelecidos. Além disso, estes bancos deverão comprovar que possuem linhas externas que lhe permitam sacar a descoberto.

Neste capítulo serão colocadas algumas destas características próprias não só do mercado pronto como também do de derivativos.

V.1. A FORMAÇÃO DAS TAXAS DE CÂMBIO

A taxa de câmbio é, na verdade, o preço da moeda de um país em relação à moeda de outro. Desta forma, a primeira pressão que as taxas sofrem na sua formação é da própria oferta e demanda. Naturalmente existem países em que o câmbio é

administrado. Sendo assim, o governo determina qual serão os valores das taxas de câmbio de acordo com suas decisões quanto à Política Econômica.

Teoricamente, o Brasil estaria hoje sob um regime de taxas livres. Porém, de fato, poder-se-ia dizer que é um regime semi-administrado: o governo deixa o câmbio movimentar-se com liberdade até o ponto em que ele acredita não estar mais de acordo com os parâmetros da política econômica em curso. É utilizado para isso o sistema de bandas cambiais, onde o governo deixa que haja oscilações livremente no interior da banda, porém, intervém no mercado para evitar que as taxas ultrapassem os limites superior ou inferior da banda.

Quando ocorre qualquer pressão para que a taxa de câmbio rompa os limites determinados pela banda, o BACEN entra no mercado comprando ou vendendo dólares, ajustando a oferta e demanda por moeda estrangeira mantendo as taxas no interior da banda. Essas intervenções são feitas nos anunciados leilões, que podem ser de compra, de venda ou de *spread* (compra e venda). O BACEN então aciona seus *dealers*, anunciando os leilões, recolhendo as ofertas e divulgando posteriormente o resultado.

V.2. AS TAXAS DE CÂMBIO

O mercado brasileiro de câmbio trabalha com diferentes taxas dependendo do tipo de operação que está se desenrolando. O próximo passo será descrevê-las.

V.2.1. TAXA DE CÂMBIO COMERCIAL

Esta taxa é utilizada como referência para operações comerciais e financeiras. Operações comerciais são aquelas ligadas a importações e exportações.

Os câmbios financeiros ocorrem em operações de empréstimos, investimentos e financiamentos. As remunerações destes também se enquadram nesta modalidade. No caso dos empréstimos destacam-se aqueles regulamentados pela Lei 4,131 de 03/10/62, empréstimos diretos do credor internacional para o tomador brasileiro; e aqueles enquadrados na Resolução 63 de 21/08/67. Estes últimos são chamados apenas de 63 e são caracterizados por repasses de recursos captados por bancos no exterior. É válido lembrar que o volume que não for efetivamente repassado para clientes, deve ser aplicado em NTN-D's, títulos do governo indexados à variação cambial. É importante também frisar que a opção de aplicação pode ser proibida, tornando o custo da 63 maior para os bancos que não conseguirem repassar os recursos captados. Tal proibição ocorreu recentemente, mas a aplicação em NTN-D's foi liberada novamente algum tempo depois.

As operações financeiras, acima mencionadas, são regulamentadas pela CVM e pelo BACEN com previsão de recolhimento de impostos específicos. Suas legislações são utilizadas inclusive como forma de Política Econômica, já que incentivos e barreiras fiscais podem ser manejados de acordo com as necessidades políticas de um determinado momento.

V.2.2. TAXA DE CÂMBIO FLUTUANTE

Através desta são feitas as negociações no mercado de balcão, sem interferência do BACEN. É responsável pelo abastecimento do mercado de câmbio manual legal⁸.

Antes de sua criação em dez/88, este mercado já se processava, porém de forma ilegal e era chamado de câmbio paralelo. Seu volume de negociações tomou grande proporção e foi decidido regularizá-lo, aumentando assim o controle e monitoramento por parte do BACEN.

O câmbio turismo, utilizado para transações com *traveller's Checks* e pagamentos de cartões de crédito com despesas mensuradas em dólares, também lança mão do câmbio flutuante como referência .

Algumas outras operações igualmente têm seus preços calculados com base nessa taxa. Dentre elas destacam-se: exportações específicas de pedras preciosas, jóias e ouro metálico, transferências para turismo, fins educacionais, competições esportivas, tratamentos de saúde, etc.

V.2.3. TAXA DE CÂMBIO PARA REPASSE E COBERTURA

É utilizada nos ajustes dos bancos junto ao BACEN para que não fechem o dia "estourando" os limites de posição comprada ou vendida

⁸ O mercado de câmbio manual é aquele onde há a compra e venda da moeda em espécie. Existe também o câmbio sacado onde a movimentação é feita através de contas bancárias em moeda estrangeira.

V.2.4. TAXA DE CÂMBIO DO MERCADO PARALELO

Após a criação do dólar turismo em 88, este mercado manteve-se para precificar as operações não legalizadas. Apresentam-se como exemplos marcantes, o contrabando e o narcotráfico.

V.3. LIMITES DE POSIÇÕES

Os bancos que operam câmbio possuem limitações em suas posições compradas e vendidas. A posição de câmbio é obtida pela simples soma aritmética dos valores comprados e vendidos, independente do prazo de liquidação das operações. No caso do câmbio comercial, o banco possui um limite de US\$ 5.000.000,00 de posição comprada. O excedente é depositado no BACEN, sem receber qualquer remuneração. Em relação à posição vendida, esta depende do Patrimônio Líquido Ajustado do banco, obedecendo a seguinte escala:

Patrimônio Líquido Ajustado (US\$ milhões)	Limite (US\$ milhões)
Até 25	1,875
De 25 a 50	3,250
De 50 a 100	5,625

Acima de 100	7,500
--------------	-------

Para o câmbio flutuante, a posição comprada limita-se a apenas 1 milhão de dólares devendo o restante ser depositado no BACEN e estando os bancos sujeitos às mesmas penalidades impostas no caso do câmbio comercial. É válido lembrar que este limite cai para 500 mil dólares no caso de corretoras e distribuidoras. De forma semelhante, também a posição vendida em câmbio flutuante é determinada de acordo com o Patrimônio Líquido Ajustado. A relação é a seguinte:

Patrimônio Líquido Ajustado (US\$ milhões)	Limite (US\$ milhões)
Até 10	0,300
De 10 a 25	0,625
De 25 a 50	1,250
De 50 a 100	1,875
Acima de 100	2,500

Já as corretoras e distribuidoras não são autorizadas a manter posições vendidas. É interessante ressaltar que agências de turismo e meios de hospedagem não possuem posição de câmbio, porém devem obedecer um limite operacional diário de 200 mil dólares para as agências e 100 mil dólares para os meios de hospedagem.

Os ajustes junto ao BACEN no caso dos limites acima descritos serem ultrapassados devem ser feitos até as 16:30 hs. Cumpre notar que os bancos podem também recorrer ao mercado interbancário de câmbio para manter suas posições dentro dos limites impostos. Além disso é transacionado no mercado o aluguel de posições. Por exemplo, posições vendidas possibilitam a captação à taxa de juros externa e aplicação em taxa de juros interna. Para que não se ultrapasse os limites impostos pelo BACEN, os bancos alugam a posição vendida de outros bancos que não a estejam utilizando.

V.4. DERIVATIVOS

No Brasil, os derivativos utilizados como instrumentos para gerenciamento do risco cambial e que foram analisados no capítulos três tem seu mercado bastante concentrado na BM&F - Bolsa de Mercadorias e de Futuros, posicionada no quarto lugar do *ranking* mundial em 1996 pelo conceito de número de contratos negociados. A BM&F é constituída de forma civil, sem fins lucrativos. Seu principal objetivo é organizar, operacionalizar e desenvolver um mercado de futuros livre e transparente. Desta forma, busca tornar possível a constituição de um mercado onde os agentes

econômicos possam operar e “hedgear-se” contra as oscilações dos mais diversos tipos de ativos, entre eles as taxas de juros, de câmbio, *commodities*, etc.

Em relação especificamente ao câmbio, os agentes econômicos em sua atividade de gerenciamento de risco vão à BM&F para realizar contratos com os derivativos anteriormente estudados, como contratos futuro, opções, contratos a termo, etc. Em 1996, foram negociados 50,5 milhões de contratos, totalizando um volume financeiro de US\$ 1,2 trilhão. Respectivamente, estes números equivalem a 37,5% e 58,2% do total da BM&F para o mesmo período. Até setembro de 1997, o número de contratos negociados já atingia 40.771.195.

Todas as operações realizadas nestes pregões são devidamente regulamentadas e controladas pela BM&F visando obter um mercado o mais eficiente possível. Os desrespeitos às normas de operação estão sujeitos às penalidades adequadas.

Em relação à credibilidade do mercado, no sentido de segurança por parte dos agentes de que seus ganhos serão devidamente recebidos, a utilização de margens de garantia é muito comum. Na busca de minimizar o risco de crédito uma série de exigências são feitas aos agentes. Dentre elas destacam-se depósitos em fundos, feitos por membros das câmaras de liquidação, e o respeito aos limites de alavancagem impostos. Além do depósito nos fundos acima especificados, em várias operações a BM&F obriga o depósito de margens para garantir as obrigações dos agentes envolvidos. Dependendo das oscilações dos valores das posições destes investidores, a BM&F pode “chamar” mais margem ou então liberar parte dela. Isto ocorre frequentemente em operações com ajustes diários como é o caso dos mercados futuros.

Y.5. PREÇO FUTURO E PREÇO À VISTA NO FUTURO

É muito comum acreditar que a taxa de câmbio futura é uma estimativa da taxa de câmbio à vista no futuro.

Um agente ao entrar no mercado futuro é estimulado por um dos três seguintes fatores: especular, “hedgear-se” ou arbitrar. No primeiro caso, o investidor objetiva auferir lucros. Se sua expectativa é de que o dólar pronto estará mais caro que o dólar futuro, para a mesma data, ele comprará o futuro para revendê-lo no exercício, a um preço mais elevado. No segundo caso, o agente busca minimizar seu risco. Desta forma ele está disposto até a ter alguma perda no mercado futuro mas evitará os riscos de oscilações maiores. Esta perda seria equivalente a um prêmio de seguro. Finalmente, o arbitrador entrará no mercado futuro se vislumbrar a possibilidade de realizar uma série de operações onde ele não necessite “colocar dinheiro algum” e obterá um lucro certo, sem risco. Baseado nisso foi possível determinar uma fórmula para a precificação de contratos futuros, conforme desenvolvida no capítulo 3. A paridade coberta das taxas de juros não é derivada das expectativas quanto ao dólar pronto no futuro, mas sim dependente das condições das taxas de juros interna e externa, bem como do dólar pronto na data de negociação do contrato.

Desta forma, a ação dos arbitradores gera uma faixa na qual o dólar futuro estará variando. Como disse o Professor Márcio Garcia em seu artigo “A Macroeconomia do Dólar Futuro”, publicado na Resenha BM&F - número 118, apenas por coincidência o

valor do dólar futuro coincidirá com a expectativa do mercado quanto ao valor do dólar à vista na data de exercício do contrato futuro.

No Brasil ocorre o fenômeno conhecido como *contango*. Neste caso, o valor do contrato futuro, converge por cima para o valor a vista do ativo subjacente, a medida que o exercício se aproxima.

Cumprir notar, também, que o valor do dólar futuro normalmente se localiza abaixo da faixa na qual ele deveria estar, de acordo com a fórmula da paridade coberta das taxas de juros. Alguns fatores provocam esta distorção. Primeiramente, deve-se lembrar que no desenvolvimento da fórmula, foi suposto que havia livre circulação de capitais e não foram incluídos os custos de transação nem os de impostos. Somado a isso, entra o conceito de “risco Brasil”. Para um investidor estrangeiro não é a mesma coisa aplicar em renda fixa no Brasil e nos Estados Unidos, mesmo que financeiramente as duas aplicações sejam equivalentes. Isto se deve aos riscos inerentes a determinados países de que suas aplicações não serão restituídas por algum motivo. No caso do Brasil pode se citar as moratórias impostas pelo governo⁹. Desta forma, para que o investidor opte por investir em países emergentes, é necessário o pagamento de um prêmio de risco que no caso é refletido pelo valor subestimado do dólar futuro. É válido lembrar que este prêmio reduziu-se consideravelmente, aqui no Brasil, na última década.

⁹ É comum aplicações de estrangeiros no Brasil possuírem cláusulas de *dólar constraint* exatamente para determinar a forma de pagamento para o investidor em caso de limitações legais para que o tomador honre suas obrigações.

VI. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho era entender a forma pela qual se constitui o risco cambial e as alternativas disponíveis aos agentes econômicos para o combate e a minimização deste.

Apesar de, eventualmente, não ter sido possível alcançar o nível de complexidade característico da nossa realidade, as simplificações muitas vezes são necessárias para a devida compreensão das bases de uma variável. Este entendimento, e consequente embasamento de raciocínio foram obtidos ao longo do texto.

Primeiramente, no que diz respeito aos medidores do risco, estudou-se variáveis que têm a capacidade de mensurar os diversos tipos de exposições com as quais os investidores se defrontam. Ainda através destas, pode-se construir portfólios tais que suas posições tomem direções opostas, estimuladas por oscilações de determinadas variáveis, de forma a reduzir consideravelmente o referido risco. Todavia, de forma alguma pode-se dizer que tal monitoramento e gerenciamento é simples. Ele envolve uma infinidade de conjecturas que são imprevisíveis e que tornam ainda mais complicada a tomada de decisões.

Soma-se a isso, o citado problema dos custos de transação. Por si só, este é suficiente para impedir que se obtenha um *hedge* perfeito. Na realidade seria inviável economicamente efetivar todos os ajustes necessários para manter a “neutralidade” dos medidores de risco. Assim, os administradores da instituição que busca sua proteção, deverão mensurar e quantificar o “risco tolerável”. Este seria o nível de exposição

considerado suportável, acima do qual, o balanceamento torna-se indispensável independente de seus custos.

Foram abordados os instrumentos através dos quais os *hedges* são constituídos. As opções, contratos futuros e a termo, possuem peculiaridades que os tornam utilíssimos de acordo com a conjuntura. É necessário conhecê-los profundamente, com a finalidade de obter a maximização de seus resultados.

Buscou-se entender, também, como funciona o mercado de câmbio no Brasil, assim como se desenvolve as operações envolvendo derivativos, que efetivamente constituem os instrumentos acima referidos. No Brasil, o câmbio apesar de possuir algum grau de liberdade ainda é controlado pelo governo, de forma tal que seu comportamento não venha a comprometer as metas político-econômicas pré-estabelecidas. Este controle é feito através do sistema de bandas cambiais, onde o governo limita a oscilação livre das taxas de câmbio, e realiza as desvalorizações que acha conveniente, através de movimentações nos limites da banda. Não é demais ressaltar que uma das bases de sustentação do Plano Real é a política cambial, caracterizada principalmente pela sua âncora.

Além dos movimentos contínuos, as rupturas provocam efeitos ainda mais difíceis de ser administrados, especialmente se o grau de imprevisibilidade for maior. Medidas do governo inesperadas e de forte impacto, como uma maxidesvalorização, podem tranquilamente levar inúmeras empresas a falência ou, pelo menos, a terem sua saúde financeira sensivelmente abalada.

As dificuldades são, sem dúvida, imensas. O erro mais suave pode provocar perdas intoleráveis. Assim, o gerenciamento do risco deve ser encarado pelas empresas como uma atividade necessária, cuja manutenção e aprimoramento é determinante para o seu crescimento

BIBLIOGRAFIA

BESSADA, OCTAVIO, *O Mercado Futuro e de Opções*, 3 Edição, Editora Record, Rio de Janeiro, 1995.

BOLSA DE MERCADORIA & FUTUROS (org.). *Relatório Anual 1996 Programa de Trabalho 1997*. São Paulo, 1996.

BOLSA DE MERCADORIA & FUTUROS (org.). *Síntese de Dados*. São Paulo, 1997.

FORTUNA, EDUARDO, *Mercado Financeiro: Produtos e Serviços*, 10 Edição Qualitymark Editora, Rio de Janeiro, 1997.

Garcia, M.G.P. "A Macroeconomia do Dólar Futuro". *In Resenha BM&F - nº 118*. São Paulo, 1997.

GRABBE, J. ORLIN, *International Financial Markets*, third edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996.

HULL, JOHN C., *Options, Futures, and Other Derivatives*, third edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.

JORION, PHILIPPE, *Value at Risk, The New Benchmark for Controlling Derivatives Risk*, McGraw-Hill, 1997.