

**AVALIAÇÃO DO EFEITO CARTEIRA E DE ESTRATÉGIAS DINÂMICAS NO  
*HEDGE* CONTRA VARIAÇÕES NOS PREÇOS DE UMA CESTA DE  
*COMMODITIES***

**por**

**FREDERICO BIRCHAL LAGE**

**Dissertação de Mestrado em Administração**

**apresentada ao Instituto COPPEAD de Administração –**

**Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**Orientador: Professor Eduardo Facó Lemgruber**

**Setembro de 2002**

AVALIAÇÃO DO EFEITO CARTEIRA E DE ESTRATÉGIAS DINÂMICAS  
NO *HEDGE* CONTRA VARIAÇÕES NOS PREÇOS DE UMA CESTA DE  
*COMMODITIES*

FREDERICO BIRCHAL LAGE

Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto COPPEAD de Administração – Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

Aprovada por:

---

Professor Eduardo Facó Lemgruber, Ph.D – Orientador

---

Professor Celso Funcia Lemme, Doutor

---

Professor César das Neves, Ph.D

Rio de Janeiro

Setembro de 2002

Lage, Frederico Birchall.

Avaliação do efeito carteira e de estratégias dinâmicas no *hedge* contra variações nos preços de uma cesta de *commodities*. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2002.

xiv, 89p. il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPEAD, 2002.

1. Finanças. 2. *Hedge*. 3. Efeito carteira. 4. Tese (Mestrado – UFRJ/COPPEAD). I. Título.

## RESUMO

Lage, Frederico Birchall. **Avaliação do efeito carteira e de estratégias dinâmicas no *hedge* contra variações nos preços de uma cesta de *commodities*.** Orientador: Eduardo Facó Lemgruber. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2002. Dissertação (Mestrado em Administração).

Esta dissertação compara diferentes estratégias de *hedge* para cestas de moedas, considerando que o *hedger* está situado no Brasil. É avaliado se o efeito carteira pode levar a ganhos de eficiência (redução da variância dos retornos diários) em estratégias de *hedge* dinâmicas e estáticas e se o *hedge* dinâmico pode levar a ganhos de eficiência quando comparado ao estático, para estratégias com e sem efeito portfólio. São analisadas duas carteiras, uma formada por dólar americano e iene japonês e outra por dólar americano e libra inglesa no período de 02/08/1999 até 31/07/2002. Também é comparado o comportamento das taxas de *hedge* no tempo em estratégias de *hedge* dinâmicas que considerem o efeito carteira e que não o considerem.

Para as duas carteiras, no período de análise estudado, as estratégias que consideraram o efeito portfólio apresentaram desempenho, medido pelo índice de redução de variância (I.R.V.), inferior às estratégias que não o consideraram. Além disso, para as estratégias que consideraram o efeito portfólio, não foi observada uma redução significativa das posições médias no mercado futuro e observou-se uma maior variabilidade das taxas de *hedge* diárias.

Na comparação das estratégias dinâmicas com as estáticas, sem considerar custos de transação nem a limitação de tamanho dos contratos, foram encontrados indícios de que o *hedge* dinâmico seja mais eficiente que o *hedge* estático.

## ABSTRACT

Lage, Frederico Birchal. **Avaliação do efeito carteira e de estratégias dinâmicas no *hedge* contra variações nos preços de uma cesta de *commodities*.** Orientador: Eduardo Facó Lemgruber. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2002. Dissertação (Mestrado em Administração).

This dissertation compares different *hedge* strategies for portfolios of commodities, for a *hedger* in Brazil. It is evaluated if the portfolio effect can lead to efficiency gains (reduction of the diary returns variance) in dynamic and static *hedge* strategies and if the dynamic *hedge* can lead to efficiency gains when compared to static one, in *hedge* strategies considering or not the portfolio effect. Two portfolio of currencies are analyzed, one consisting of american dollar and japanese yen and the other one consisting of american dollar and sterling pound, during the period from 08/02/1999 to 07/31/2002. It is also compared the behavior of the *hedge* ratios of dynamic strategies that consider the portfolio effect with dynamic strategies that do not consider the portfolio effect.

For both portfolios, in the analyzed period, the strategies that considered the portfolio effect presented worse performance, measured by the index of variance reduction (I.V.R.), when compared to the strategies that did not consider the portfolio effect. Moreover, for strategies that considered the portfolio effect, no significant reduction of the average diary position in the futures market were observed and an increase in the variability of the diary *hedge* ratios was observed.

When comparing dynamic and static strategies, not considering transaction costs or limitations in the size of the futures market position, we found evidences that dynamic *hedge* could have a better performance than the static one.

Aos meus pais e à minha irmã, pela  
educação, carinho e apoio.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
2.1	criação de valor pelo gerenciamento de risco .....	6
2.2	comparações de estratégias de <i>HEDGE</i> .....	16
2.3	<i>HEDGE</i> cruzado .....	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
3.1	A amostra.....	34
3.2	O futuro sintético e as taxas spot cruzadas .....	37
3.3	Cálculo da série de retornos .....	42
3.4	Definição das estratégias e cálculo das taxas de <i>HEDGE</i> .....	43
3.5	Estimativa das covariâncias .....	49
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
4.1	Carteira formada pelo dólar americano e iene japonês .....	57
4.2	Carteira formada pelo dólar americano e libra inglesa .....	67
4.3	Comparação dos resultados obtidos para as duas carteiras de moedas .....	76
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>87</b>

## GRÁFICOS

Gráfico 1 – Regressão linear entre os retornos diários, em reais, nos mercados spot e futuro para o dólar americano, no período de 01/02/99 até 31/07/2002 .....	40
Gráfico 2 – Regressão linear entre os retornos diários, em reais, nos mercados spot e futuro para o iene japonês, no período de 01/02/99 até 31/07/2002 .....	40
Gráfico 3 – Regressão linear entre os retornos diários, em reais, nos mercados spot e futuro para a libra inglesa, no período de 01/02/99 até 31/07/2002 .....	41
Gráfico 4 – Evolução diária, no período de teste, das taxas de <i>hedge</i> para o dólar americano na carteira composta por dólar e iene japonês. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira .....	61
Gráfico 5 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de <i>hedge</i> para o iene japonês na carteira composta por iene e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira .....	61
Gráfico 6 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de <i>hedge</i> para o dólar americano na carteira composta por dólar e iene japonês. São mostradas apenas as estratégias que	



não consideram o efeito carteira, exceto a estratégia de taxa unitária .....	62
Gráfico 7 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de <i>hedge</i> para o iene japonês na carteira composta por iene e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira .....	62
Gráfico 8 – Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem <i>hedge</i> e para a estratégia de <i>hedge</i> mais eficiente – estratégia 4 – para a carteira composta por dólar e iene japonês .....	65
Gráfico 9 - Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem <i>hedge</i> e para a estratégia de <i>hedge</i> menos eficiente – estratégia 3 – para a carteira composta por dólar e iene japonês .....	66
Gráfico 10 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de <i>hedge</i> para o dólar americano na carteira composta por dólar e libra inglesa. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira .....	70
Gráfico 11 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de <i>hedge</i> para a libra inglesa na carteira composta por libra e	

dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira ..... 71

Gráfico 12 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o dólar americano na carteira composta por dólar e libra inglesa. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira, exceto a estratégia de taxa unitária ..... 71

Gráfico 13 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para a libra inglesa na carteira composta por libra e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira ..... 72

Gráfico 14 – Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem *hedge* e para a estratégia de *hedge* mais eficiente – estratégia 2\_JM – para a carteira composta por dólar e libra inglesa ..... 75

Gráfico 15 - Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem *hedge* e para a estratégia de *hedge* menos eficiente – estratégia 3 – para a carteira composta por dólar e libra inglesa ..... 75

## TABELAS

<p>Tabela 1 – Análise descritiva das taxas de <i>hedge</i> diárias no período de teste para a carteira formada por dólar americano e iene japonês. São apresentados a média e o desvio padrão para todas as estratégias de <i>hedge</i> utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira .....</p>	58
<p>Tabela 2 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e iene – das médias diárias das taxas de <i>hedge</i> e de suas variâncias, para estratégias com e sem o efeito portfólio. Para a diferença de médias é feito um teste z bilateral para amostras emparelhadas e com grau de significância de 1 %, mostrado no lado esquerdo da tabela. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%, mostrado no lado direito .....</p>	59
<p>Tabela 3 – Análise descritiva dos retornos realizados no período de teste para a carteira formada por dólar americano e iene japonês. São apresentados a média dos retornos diários, o desvio padrão e o índice de redução de variância – tendo como referência a carteira sem <i>hedge</i> – para todas as</p>	

estratégias de <i>hedge</i> utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira .....	63
---	----

Tabela 4 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e iene –da média retornos diários e de suas variâncias, entre as diversas estratégias de <i>hedge</i> e a carteira sem <i>hedge</i> , entre estratégias com e sem efeito portfólio e entre estratégias dinâmicas e estáticas. Para a diferença de médias é feito um teste z bilateral para amostras emparelhadas e com grau de significância de 1 %, mostrado no lado esquerdo da tabela. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%, mostrado no lado direito.....		64
--	--	----

Tabela 5 – Análise descritiva das taxas de <i>hedge</i> diárias no período de teste para a carteira formada por dólar americano e libra inglesa. São apresentados a média e o desvio padrão para todas as estratégias de <i>hedge</i> utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira .....		68
---	--	----

Tabela 6 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e libra – das médias diárias das taxas de <i>hedge</i> e de suas variâncias, para estratégias com e sem o efeito portfólio. Para a diferença de médias é feito um teste z com as amostras emparelhadas com grau de significância de 1 % e bilateral. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%.....	69
---	----

Tabela 7 – Análise descritiva dos retornos realizados no período de teste para a carteira formada por dólar americano e libra inglesa. São apresentados a média dos retornos diários, o desvio padrão e o índice de redução de variância – tendo como referência a carteira sem <i>hedge</i> – para todas as estratégias de <i>hedge</i> utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira.....	73
---	----

Tabela 8 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e libra – da média retornos diários e de suas variâncias, entre as diversas estratégias de <i>hedge</i> e a carteira sem <i>hedge</i> , entre estratégias com e sem efeito portfólio e entre estratégias dinâmicas e estáticas. Para a diferença de médias é feito um teste z bilateral para amostras emparelhadas e com grau de significância de 1 %. Para a	
---	--

diferença de variâncias é feito um teste F com grau de	
significância de 1%.....	74

## **1 INTRODUÇÃO**

Após o Plano Real, com a estabilização econômica e o aumento da confiança externa no Brasil, muitas empresas aproveitaram para lançar papéis no mercado internacional, carregando, em suas dívidas, o risco de câmbio. Esta tendência ainda pode ser observada nos dias de hoje e tende a ser um caminho sem volta, pois, com a crescente abertura dos mercados financeiros internacionais, existindo a possibilidade de se utilizar este instrumento de financiamento, sempre que houver condição favorável esta deverá ser aproveitada.

A elevada taxa de juros interna e a disponibilidade reduzida de recursos no país – principalmente de longo prazo – aumentam ainda mais a utilização de fontes externas de financiamento. Segundo dados do Relatório para Mercados Emergentes do Banco Santander (junho de 2002), a dívida externa brasileira em dezembro de 2000 era da ordem de US\$ 220.000.000.000,00, sendo aproximadamente 73% referentes ao endividamento do setor privado ou de empresas estatais.

Além disso, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES – oferece uma linha de financiamento com correção cambial baseada em uma cesta de moedas, onde as taxas de juros conseguidas pelo banco em

captações no exterior são repassadas às empresas brasileiras<sup>1</sup>, somadas aos custos operacionais e *spreads*. Esta linha de crédito também pode oferecer condições de custos vantajosas para empresas nacionais, especialmente para aquelas que não tem acesso direto ao mercado internacional.

A exposição dos diversos agentes<sup>2</sup> da economia brasileira às variações na taxa de câmbio aumenta consideravelmente a importância do conhecimento dos instrumentos de *hedge* e da correta<sup>3</sup> utilização dos mesmos.

A visão tradicional de que a função do *hedge* seria simplesmente reduzir a variabilidade, ou o risco, de fluxos de caixa em moeda estrangeira vem sendo gradualmente substituída pela visão do *hedge* como forma de criação de valor para as empresas. Dentro desse contexto, e visando melhor direcionar uma possível aplicação desse estudo, a primeira seção da revisão bibliográfica discorre sobre a criação de valor em empresas pela utilização do *hedge*, ou de uma forma mais geral, pelo gerenciamento de riscos.

Após o entendimento das razões pelas quais as empresas poderiam optar por fazer um *hedge*, a segunda seção da revisão bibliográfica mostra estudos onde são feitas comparações de diferentes estratégias de *hedge*.

---

<sup>1</sup> O BNDES tem linhas de financiamento do BIRD e BID, além de *rating* idêntico ao da República Federativa do Brasil na avaliação da Standard & Poor's.

<sup>2</sup> Não só daqueles que tem um passivo em dólar, como no caso de captação de recursos no exterior, mas, de uma forma geral, de qualquer agente que possua qualquer ativo/passivo denominado em moeda estrangeira.

<sup>3</sup> Saber quando o *hedge* é necessário e como utilizá-lo buscando o maior benefício ao menor custo.



São observadas duas linhas distintas de estudos sobre esse assunto na literatura. Na primeira delas são comparadas estratégias de *hedge* contra variações no preço de apenas uma *commodity*, utilizando seu mercado futuro. Na segunda linha, encontrada na literatura mais recente, são comparadas estratégias de *hedge* para um conjunto de *commodities*, utilizando-se o mercado futuro de cada um deles. Neste caso busca-se proteger a carteira como um todo, levando em consideração as correlações entre as *commodities* – efeito carteira ou efeito portfólio.

Diversos estudos avaliam e/ou comparam diferentes estratégias de *hedge* para uma *commodity* no mercado internacional. De uma forma geral estes estudos comparam estratégias de *hedge* estáticas<sup>4</sup> com dinâmicas<sup>5</sup> e/ou diferentes formas de estimativa da taxa de *hedge*. O *hedge* de uma *commodity* se fundamenta na correlação existente entre os preços no mercado à vista e futuro<sup>6</sup>.

Existe um número limitado de estudos sobre o efeito portfólio no cálculo da taxa de *hedge* para cestas de *commodities* usando o mercado futuro. Segundo Lypny (1988) como a variação do preço *spot* de qualquer moeda está correlacionada com a variação dos preços futuros de outras moedas e as variações dos preços futuro estão correlacionadas entre si, o *hedge* que

---

<sup>4</sup> A taxa de *hedge* não muda com o tempo.

<sup>5</sup> A taxa de *hedge* varia com o tempo.

<sup>6</sup> De uma forma geral estas correlações são bastante fortes e relativamente estáveis no tempo, devido à possibilidade de se realizarem operações de arbitragem com contratos futuros e seus ativos objeto.

minimiza o risco em um portfólio de “n” moedas pode ser diferente do *hedge* que minimiza o risco para cada moeda separadamente. Lypny (1988) desenvolve uma metodologia para o cálculo das taxas de *hedge* em um portfólio de “n” moedas e compara, para uma cesta composta por dólar canadense e marco alemão, três diferentes estratégias estáticas de *hedge*, uma delas considerando o efeito portfólio.

Gagnon *et al* (1998) também avaliam o efeito portfólio no *hedge* de duas carteiras de moedas, uma composta por iene japonês e marco alemão e outra por marco alemão e franco suíço. Concluem, em seu estudo, que ao levar em conta o efeito portfólio se consegue ganhos de eficiência (redução da variância) e utilidade (maximização da função utilidade). Este estudo se baseia em dados da Bolsa de Mercadorias e Futuros de Chicago (*Chicago Mercantile Exchange* – CME), onde são negociados contratos futuros de marco alemão, iene japonês e franco suíço.

Esta dissertação pretende comparar diferentes estratégias de *hedge* para uma carteira de moedas, considerando que o *hedger* está situado no Brasil. Será avaliado se o efeito portfólio pode levar a ganhos de eficiência (redução da variância dos retornos) em estratégias de *hedge* dinâmicas e estáticas. Também será avaliado se o *hedge* dinâmico pode levar a ganhos de eficiência quando comparado ao estático, para estratégias com e sem efeito portfólio. Não serão considerados custos de transação e serão analisadas duas carteiras, uma formada por dólar americano e iene japonês e outra por dólar americano e libra inglesa. Também será comparado o comportamento

das taxas de *hedge* no tempo em estratégias de *hedge* dinâmicas que considerem o efeito carteira e que não o considerem.

Entretanto, no mercado brasileiro, a única moeda que tem liquidez no mercado futuro (na Bolsa de Mercadorias e Futuros – BM&F) é o dólar americano<sup>7</sup>. Utilizando como referência estudos que tratam de alternativas para utilização do *hedge* em países que não tem mercado futuro bem desenvolvido, descritos na terceira seção da revisão bibliográfica, o mercado americano (CME) será utilizado para compor um futuro sintético para o iene japonês e para a libra inglesa.

---

<sup>7</sup> Recentemente, em julho de 2001, foi iniciada negociação com futuro de Euro. Entretanto, este mercado ainda apresenta baixa liquidez e tem histórico reduzido de preços.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica será dividida em três seções que tratam de assuntos diferentes, todos de interesse de uma empresa brasileira exposta ao risco de câmbio e que pretenda utilizar instrumentos de gerenciamento de risco, em particular o mercado futuro de moedas.

A primeira seção trata da criação de valor para as empresas pelo gerenciamento de risco. Em seguida são mostrados estudos que comparam estratégias de *hedge* e, finalmente, a terceira seção mostra uma alternativa para o *hedge* em mercados pouco desenvolvidos.

### 2.1 Criação de valor pelo gerenciamento de risco

De uma forma geral, as empresas consideram o gerenciamento do risco uma atividade extremamente importante no seu dia a dia. Em pesquisa recente (1990), citada por Froot *et al* (1993), executivos da área financeira colocaram o gerenciamento do risco entre seus principais objetivos. Segundo Smith (1995) este fato estaria relacionado ao melhor entendimento dos benefícios de um gerenciamento de risco bem estruturado e a uma redução significativa dos custos relacionados a esta atividade, como a redução de custos no mercado de derivativos financeiros.

As empresas estão expostas a riscos diferentes e em proporções diferentes, de acordo com condições particulares de sua operação, do(s) mercado(s) e região(ões) em que atuam e de sua estrutura de financiamento. Cada caso deve ser analisado cuidadosamente para que se possa implementar

uma estratégia eficiente de gerenciamento de risco. Deve-se avaliar a exposição da empresa, o ambiente<sup>8</sup> em que está inserida e suas opções para redução do risco. É importante, também, que seja feita uma comparação entre custos de se obter determinada proteção e as vantagens que esta pode trazer.

Embora no gerenciamento de risco possam ser utilizados uma infinidade de instrumentos, incluindo-se seguros, garantias diversas ou a própria operação da empresa, o mercado de derivativos é largamente utilizado por oferecer liquidez e baixos custos. Os derivativos mais utilizados são os contratos futuros, a termo, *swaps* e opções. Duffie (1989, p.205) coloca: “em geral, as principais vantagens do *hedge* com contratos futuros são os custos relativamente baixos, o baixo risco de *default* e a facilidade de execução quando comparado com outras alternativas mais customizadas”.

A visão tradicional do gerenciamento de risco era de que as empresas, por serem avessas ao risco, buscavam proteção, tendo como objetivo a redução da volatilidade de seus fluxos de caixa. Já numa visão mais moderna, o principal objetivo seria maximizar o valor de mercado da empresa.

De uma forma geral, conforme mencionado por Smith (1995), no modelo CAPM<sup>9</sup> o valor de uma empresa, dada determinada estrutura de capital,

---

<sup>8</sup> Levando em conta a legislação local, incluindo tributária.

<sup>9</sup> *Capital Asset Pricing Model*.

refletiria seus fluxos de caixa esperados no futuro descontados por seu risco<sup>10</sup>.

Portanto, para criar valor, deve-se buscar maximizar esta relação.

Vale lembrar que, para um investidor que possui uma carteira bem diversificada, apenas reduções do risco sistêmico levariam a um aumento de valor<sup>11</sup>, já que o risco não sistêmico seria eliminado pela diversificação de seu investimento.

Portanto, a utilização de instrumentos que reduzam o risco não sistêmico não levaria a aumentos de valor, pois não reduziria o risco sob o ponto de vista do investidor. Contrariamente, poderia representar uma perda de valor, já que representaria um custo adicional. E, mesmo com a redução do risco sistêmico, não se teria, necessariamente, um aumento de valor, pois o custo adicional poderia anular os efeitos benéficos da redução do risco.

Entretanto, para empresas cujos proprietários (ou acionistas) não possuem uma carteira bem diversificada<sup>12</sup>, como pode ser o caso de empresas familiares ou de capital fechado, a aversão ao risco de seus proprietários pode ser um incentivo à utilização de instrumentos de gerenciamento de risco. Neste caso a redução do risco não sistêmico poderia levar a aumentos de valor para os proprietários/acionistas.

---

<sup>10</sup> O risco dos acionistas da empresa reflete sua estrutura de capital.

<sup>11</sup> Caso não haja redução no fluxo de caixa esperado.

<sup>12</sup> Independente da razão para a tomada dessa decisão de investimento.

Voltando ao caso mais geral do investidor bem diversificado, vale lembrar a proposição de Modigliani-Miller. Segundo eles, num mundo sem impostos, sem custos de transação, com simetria de informação e sem custos de falência, nenhuma decisão de financiamento da empresa seria capaz de mudar seu valor. Este princípio foi estendido para mostrar a irrelevância da política de *hedge* da empresa por DeMarzo (1987).

Duffie (1989, p. 228-232) ilustra este princípio mostrando a possibilidade de arbitragem caso existam duas empresas absolutamente iguais, exceto pelo fato de uma delas utilizar o mercado futuro para fazer *hedge*, e o valor das ações das duas empresas seja diferente. Seria possível comprar ações de uma delas, vender de outra e tomar uma posição no mercado futuro, tendo lucro sem investimento ou risco. Portanto, o valor das ações das duas empresas deveria ser igual. O argumento é baseado na premissa de que qualquer ação tomada pela empresa pode ser revertida pelos seus acionistas ou credores.

Podemos, então, imaginar que seria adequado buscar as situações em que o *hedge* cria valor nos impostos, nos custos de transação diferenciados entre investidores ou em outras características do mercado que sejam diferentes do mundo idealizado por Modigliani-Miller.

Duffie (1989, p. 228-232) menciona três justificativas para utilização do *hedge* pela firma: (1) seus administradores podem ter mais informação que seus acionistas sobre os riscos de sua operação e não ter interesse em divulgar informações devido à concorrência, (2) os contratos de derivativos são dimensionados para empresas e grandes investidores podendo inviabilizar sua

utilização por pequenos investidores e (3) os custos do *hedge* para a empresa podem ser menores que para o acionista. Outras justificativas encontradas na literatura são colocadas em seguida.

### **Legislação tributária**

Conforme colocado por Smith *et al* (1985), a legislação que estabelece a estrutura de cobrança de impostos pode tornar atrativo para uma empresa entrar no mercado de derivativos para fazer um *hedge*. Se a taxa marginal efetiva de imposto for uma função crescente do valor da empresa antes dos impostos então o valor depois dos impostos será uma função côncava<sup>13</sup> do seu valor antes dos impostos. Como o *hedge* reduz a volatilidade do valor da empresa antes do imposto, também reduz o valor esperado dos impostos e, portanto, o valor esperado da empresa depois dos impostos.

Para entender este conceito podemos pensar simplesmente na redução dos impostos a pagar. Sendo o imposto uma função convexa<sup>14</sup>, nos anos de baixos lucros o imposto será pequeno e nos anos de altos lucros o imposto será mais alto. Se tivermos feito um *hedge* o aumento de impostos nos anos de baixo lucro (devido ao *hedge*) será menor que a redução dos impostos nos anos de alto lucro (devido ao *hedge*). Por isso o valor esperado do imposto a

---

<sup>13</sup> Crescente porém com segunda derivada negativa, ou seja, o valor da firma depois dos impostos cresce cada vez menos com o valor da firma antes dos impostos.

<sup>14</sup> Crescente porém com segunda derivada positiva, ou seja, a taxa de imposto cresce cada vez mais com o valor da firma antes dos impostos.



pagar será reduzido. Caso a redução no imposto esperado seja maior que o custo do *hedge*, haverá um aumento no valor da empresa.

A legislação tributária também é incluída como motivador do *hedge* por outros autores, como Nance *et al* (1993), Duffie (1989, p. 228-232), Froot *et al* (1993) ou Geczi *et al* (1997).

### **Custo de Falência e endividamento**

Smith *et al* (1985) também colocam os custos associados à falência como potencial motivo para se utilizar o *hedge*. Podemos entender esta vantagem como uma redução no valor esperado do custo de falência. Com uma menor variabilidade no valor da empresa<sup>15</sup> (com o *hedge*) e sabendo que a falência ocorre para valores mais baixos da empresa, o *hedge* diminuiria a probabilidade de se incorrer em tais custos, e portanto o seu valor esperado.

Para entender melhor o conceito podemos considerar uma empresa endividada que pague impostos depois da dedução dos juros. Sendo  $F$  o valor da dívida, se o valor da firma for menor que  $F$ , os credores recebem  $F$  menos os custos da falência. Os acionistas recebem sempre o valor da firma menos impostos e total pago a credores. Portanto quanto menor o custo esperado de falência maior serão os pagamentos esperados a credores e acionistas.

Segundo Froot *et al* (1993) como a dívida e o juros são pagos com os fluxos de caixa gerados internamente, a variação nos fluxos pode levar a

incapacidade de pagamento e, para um dado nível de endividamento o *hedge* pode reduzir a probabilidade de que a firma seja incapaz de pagar a dívida. Portanto, se a dificuldade financeira leva a empresa endividada a incorrer em custos, e se há alguma vantagem em se endividar, o *hedge* pode ser usado como uma forma de aumentar a capacidade de endividamento. Além disso, com a redução de risco percebida pelo mercado, pode haver uma redução do custo de novos financiamentos, independente do nível de alavancagem.

O custo de falência também é incluído como motivador do *hedge* por Nance *et al* (1993), Duffie (1989, p. 228-232) e Geczi *et al* (1997).

### **Planejamento de Investimento**

Froot *et al* (1993) argumentam que se as fontes externas de fundos forem mais caras que as fontes internas o gerenciamento de risco poderá criar valor.

Se uma firma não fizer um *hedge* haverá uma variação no fluxo de caixa gerado pelos seus ativos maior do que se ela fizer. Esta variação no fluxo de caixa interno deve levar a uma variação na quantidade de dinheiro captada externamente ou a uma variação no investimento planejado. Variações no investimento planejado são indesejáveis, já que se poderia estar perdendo oportunidades rentáveis, portanto deve-se captar externamente.

---

<sup>15</sup> Devido a menor variabilidade de seus fluxos de caixa.

Sem o *hedge*, se o custo do dinheiro captado externamente não se alterasse com o valor da captação, a melhor solução seria manter os planos de investimento captando o que fosse necessário externamente, independente do fluxo gerado internamente. Entretanto, o custo do financiamento aumenta com o endividamento, o que pode limitar a capacidade de alavancagem. Portanto, com a variação do fluxo gerado internamente, deve-se encontrar uma solução de equilíbrio, com um aumento da captação externa e redução do investimento.

Como a variação no fluxo de caixa leva a distúrbios nos planos de investimento e financiamento, pode provocar perdas para a empresa. Reduzindo a variação desses fluxos de caixa, o *hedge* pode aumentar o valor da firma.

Os autores citam uma passagem interessante de Lessard (1990): “um dos argumentos mais convincentes para o *hedge* está em assegurar a capacidade da empresa em atingir dois pontos críticos em seu fluxo de caixa: (1) o preço de exercício de suas opções reais operacionais refletidas em suas oportunidades de crescimento (e.g. o orçamento de P&D ou de promoção) e (2) seus dividendos... o argumento das opções de crescimento se baseia na observação de que, em caso de fluxo de caixa insuficiente para os investimentos programados, a captação externa de capital se dará a custos elevados”.

Neste mesmo trabalho os autores procuram responder qual seria a estratégia ótima de *hedge* para a empresa em termos de que instrumentos utilizar e em que quantidade, de acordo com a natureza de seus investimentos

e financiamentos. A descrição do modelo por eles utilizado está fora do escopo deste trabalho.

### **Gerentes, empregados, fornecedores, clientes**

Até agora, foram vistas situações onde o *hedge* poderia levar, de forma direta, ao aumento de valor da empresa para os acionistas. Entretanto, outros agentes, que se relacionam diretamente com a empresa, podem provocar variações em seu valor de mercado.

Assim, gerentes, empregados, fornecedores e clientes nem sempre podem diversificar o risco relacionado a seus direitos para com a empresa e, como são avessos ao risco, podem exigir uma compensação para assumi-lo. Dessa forma os empregados exigirão maiores salários se a probabilidade de serem mandados embora for grande, gerentes exigirão maiores salários se maiores forem as chances de insolvência da empresa ou de insucesso no seu trabalho, fornecedores serão mais rígidos ao firmar seus contratos se houver o risco de falência e os consumidores pensarão melhor antes de comprar um produto que possa ficar sem assistência técnica ou peças de reposição. Tudo isso poderia representar um custo adicional para a empresa.

Dessa forma, desde que a redução na compensação de empregados, gerentes, fornecedores ou clientes seja maior que os custos do *hedge*, este poderia aumentar o valor da empresa.

Neste ponto deve ser dada uma atenção especial ao comportamento dos gerentes e ao problema de *agency*. A empresa deve buscar formas de

remuneração que incentivem os gerentes a aumentar o valor da firma. Deve-se evitar situações onde o *hedge* seja vantajoso para a firma mas não para o gerente, ou vice-versa, pois isso poderia levá-lo a tomar uma decisão que não seja a melhor para a firma como um todo. Smith *et al* (1985) discutem este assunto.

### **Evidência empírica**

Géczy *et al* (1997) estudaram o uso de derivativos de moedas pelas empresas. Eles procuraram levantar os motivos que teoricamente levariam as empresas a usar derivativos para fazer um *hedge* e associar esses motivos a algumas características mensuráveis das empresas. Testaram, então, se empresas com tais características utilizariam o *hedge* com maior frequência. A amostra de empresas por eles utilizada era constituída por grandes empresas americanas.

Eles concluíram que empresas com mais oportunidades de crescimento e empresas com condições financeiras adversas estariam mais inclinadas a usar derivativos para fazer *hedge*. Também concluíram que empresas com maior exposição ao risco (no caso risco de câmbio) e economias de escala nas operações de *hedge* estariam mais inclinadas a usar derivativos para se proteger.

Nance *et al* (1993) em estudo semelhante concluem que empresas com taxas de imposto convexas, com maior oportunidade de crescimento e maiores utilizam o *hedge* com maior frequência.

Estes resultados empíricos parecem estar de acordo com as teorias expostas previamente sobre a criação de valor pelo *hedge*.

## 2.2 Comparações de estratégias de *hedge*

Segundo Seelajaroen (2000) a taxa de *hedge*<sup>16</sup> unitária elimina o risco de variações de preços de *commodities* no mercado à vista apenas quando o *hedge* não envolve risco de base, definido pela fórmula abaixo:

$$R_{BASE} = S_t - F_t \quad (\text{eq. 2.1})$$

Onde:

$R_{BASE}$  é o risco de base;

$S_t$  é o preço no mercado à vista no tempo  $t$  e;

$F_t$  é o preço no mercado futuro no tempo  $t$ .

O risco de base seria nulo em situações onde a *commodity* à vista seja exatamente o ativo objeto do contrato futuro e o prazo do *hedge* coincida com o vencimento do futuro.

Entretanto, conforme coloca Seelajaroen (2000): “na prática, o *hedger* sempre assume o risco com descasamento de vencimentos, o prazo do *hedge* não coincide exatamente com o vencimento dos contratos futuros.

---

<sup>16</sup> Definida na eq. 2.2.

Adicionalmente, durante a vida dos contratos futuros, as mudanças de preço nos dois mercados – *spot* e futuro – não são perfeitamente correlacionadas, o que deixa o *hedger* com o risco de base. Consequentemente, a estratégia de taxa de *hedge* unitária não elimina todo o risco de preço no mercado à vista, apenas transforma o risco de preço em risco de base”.

Para implementar o *hedge* é necessário que se determine a taxa apropriada. Hull (1999, p.39) define a taxa de *hedge* como a razão entre o tamanho da posição no mercado futuro e o tamanho da exposição no mercado à vista. Dessa forma:

$$TH = X_{F,t} / X_{S,t} \quad (\text{eq. 2.2})$$

Onde:

TH é a taxa de *hedge*;

$X_{F,t}$  é a quantidade, em unidades de *commodity*, no mercado futuro no tempo  $t$  e;

$X_{S,t}$  é a quantidade, em unidades de *commodity*, no mercado à vista, no tempo  $t$ .

Assim, torna-se necessário definir objetivos para o *hedge*, para que se possa desenvolver modelos matemáticos para o cálculo da taxa de *hedge*, apropriada ao objetivo determinado.

Observamos, na literatura consultada, dois objetivos básicos<sup>17</sup> utilizados pelos autores para o *hedge*, que se refletem nos modelos matemáticos desenvolvidos para o cálculo da taxa de *hedge* e nos critérios para comparação das estratégias avaliadas. São eles:

- *Hedge para minimizar a variância (risco)*: são desenvolvidos modelos matemáticos para cálculo da taxa de *hedge* com o objetivo de reduzir a variância dos retornos da carteira formada pela(s) *commodity(ies)* e seu(s) futuro(s), sendo a performance avaliada pela capacidade de redução do risco.
- *Hedge que maximiza a função utilidade (risco x retorno)*: são desenvolvidos modelos matemáticos para cálculo da taxa de *hedge* com o objetivo de maximizar a utilidade da riqueza do investidor, sendo a performance avaliada pela capacidade de maximizar a utilidade. As funções utilidade utilizadas geralmente são contínuas, deriváveis em todo o seu domínio (primeira e segunda ordens), crescentes e côncavas. Neste caso leva-se em consideração não apenas a redução do risco mas também o retorno obtido na avaliação das estratégias de *hedge*.

---

<sup>17</sup> Seelajaroen (2000) cita Working (1953) que desenvolve uma terceira motivação para o *hedge*: “maximizar o lucro com uma combinação de posições no mercado futuro e spot”. Entretanto, por se tratar de uma visão especulativa, não será utilizada neste estudo.



Adicionalmente, conforme colocam Myers (1991), Gagnon *et al.* (1998) e Duffie (1989, p. 91-96, 211-224), em um mercado futuro que siga MARTINGALE<sup>18</sup>, a taxa de *hedge* que maximiza a utilidade será a mesma que minimiza o risco<sup>19</sup>.

Nos modelos que buscam a taxa de *hedge* que minimiza a variância (como medida do risco), a taxa de *hedge* depende da matriz de covariâncias estimada entre a *commodity(ies)* e seu(s) futuro(s). Já nos modelos que buscam a taxa de *hedge* que maximiza a utilidade torna-se necessária a utilização de parâmetros e estimativas adicionais. Em geral é necessário um parâmetro relacionado à aversão ao risco do *hedger* e uma estimativa do valor esperado da(s) *commodity(ies)* considerada(s), ou de seu(s) futuro(s).

Duffie (1989, p. 214) comenta que é muito mais fácil estimar covariâncias e variâncias das variações dos preços *spot* e futuro do que estimar seu valor esperado, além de existir risco considerável na estimativa do valor esperado. O autor adota em seu livro a metodologia do *hedge* que minimiza a variância, que também será adotada neste trabalho.

Na literatura consultada a grande maioria dos autores utiliza modelos de *hedge* com o objetivo de minimizar a variância. Apenas Gagnon *et al* (1998)

---

<sup>18</sup> Duffie (1989, p. 180) define MARTINGALE como um mercado futuro onde o prêmio de risco é nulo. Ou  $E(F_s) = F_t$  sempre que  $t \leq s$ , onde  $E(X)$  é o valor esperado de  $X$ ,  $F_s$  é o preço do futuro no tempo  $s$  e  $F_t$  é o preço do futuro no tempo  $t$ .

<sup>19</sup> Apenas para funções utilidade específicas mas bastante comuns, como a utilizada por Gagnon *et al* (1998) em que a utilidade é função da média, da variância e de um parâmetro de aversão ao risco do investidor.

utiliza um modelo de *hedge* que maximiza a utilidade. Entretanto, os autores usam metodologias diferentes para estimar as covariâncias, bem como períodos diferentes para reavaliação da matriz de covariâncias em estratégias dinâmicas.

É comum a comparação entre estratégias de *hedge* dinâmicas e estáticas. No primeiro caso a taxa de *hedge* é recalculada periodicamente, utilizando as informações mais recentes para estimar a matriz de covariâncias. Na estratégia estática é calculada uma taxa de *hedge* inicial que é utilizada por todo o período de avaliação. Estudos que tratam da estabilidade temporal da taxa de *hedge* se enquadram nesse grupo, pois uma taxa estável favoreceria uma estratégia de *hedge* estática.

Adicionalmente, embora todos os estudos referendados nesta parte da revisão bibliográfica tratem de comparações de estratégias de *hedge*, em linhas gerais podem ser divididos em dois grandes grupos:

- *Avaliação do hedge para uma commodity*: comparam estratégias de *hedge* para proteção contra variações no preço de uma *commodity* utilizando o mercado futuro. O cálculo da taxa de *hedge* se fundamenta, basicamente, na correlação existente entre o preço da *commodity* à vista e no mercado futuro.
- *Avaliação do hedge para uma carteira de commodities*: comparam estratégias de *hedge* para proteção contra variações no preço de um conjunto de *commodities* (carteira) utilizando o mercado futuro de

cada uma delas. Dependendo da estratégia utilizada, o cálculo da taxa de *hedge* pode se fundamentar apenas nas correlações existentes entre cada *commodity* e seu futuro – sem considerar o efeito carteira ou, simplesmente, sem efeito carteira – ou na matriz de covariâncias entre todas as *commodities* e futuros que compuserem a carteira – considerando o efeito carteira ou com efeito carteira.

Segue uma revisão desses estudos separados conforme colocado acima.

### **Avaliação do *hedge* para uma *commodity***

Diversos estudos avaliam e/ou comparam diferentes estratégias de proteção contra variação no preço de uma *commodity* no mercado internacional.

Myers (1991) demonstra que a taxa de *hedge* que minimiza a variância do retorno da carteira formada por uma *commodity* e seu contrato futuro para o investidor é dada pela relação da covariância entre preços futuro e *spot* pela variância dos preços futuro. Compara, então, três maneiras distintas para a estimativa da taxa de *hedge*, com diferentes formas de cálculo da covariância e da variância.

No primeiro caso utiliza o método da regressão linear em um período inicial para estimar os parâmetros necessários e aplica uma taxa de *hedge* fixa por todo o período onde será avaliado o *hedge*. Os outros dois métodos são dinâmicos, levando em conta as informações mais recentes de preço e

recalculando a taxa de *hedge* a cada período, mas diferem no seu grau de sofisticação e facilidade de utilização. O segundo método calcula a variância e covariância por janela móvel (de 10 períodos) e o terceiro utiliza a metodologia GARCH, desenvolvido por Bollerslev (1986).

Em seu teste prático, Myers (1991) utiliza o mercado de trigo americano, considerando que o investidor possua trigo em sua carteira e utilize o mercado futuro para se proteger de variações de preço. Considera que o investidor reavalia seu portfólio semanalmente e utiliza dados da *Chicago Board of Trade* de junho de 1977 até maio de 1983.

As taxas de *hedge* estimadas pelo GARCH e pela janela móvel tendem a se mover juntas, e ambas variam bastante com o tempo. Entretanto as taxas calculadas pela janela móvel tendem a ser mais instáveis que as calculadas pelo GARCH. O autor utiliza a média e variância dos retornos para avaliar o desempenho do *hedge*.

Conclui que existe forte evidência de que a taxa de *hedge* varie com o tempo e que o modelo GARCH apresenta melhor desempenho que o modelo de janela móvel ou de taxa fixa. Entretanto, o modelo GARCH tem performance apenas um pouco melhor que o da taxa fixa e exige ajustes freqüentes das posições no mercado futuro, que aumentariam os custos de transação. Dessa forma, parece interessante, neste caso, a utilização da taxa constante. Myers (1991) comenta sobre a complexidade do modelo GARCH utilizado, onde são estimados 21 parâmetros para que se possa estimar a matriz de covariâncias futura.

Em outra linha de estudos práticos sobre taxas de *hedge* se avalia a estabilidade desta no tempo.

Grammaticos *et al* (1983) avalia a estabilidade da taxa de *hedge* para 5 contratos de câmbio negociados na CME, o marco alemão, o franco suíço, o dólar canadense, a libra inglesa e o iene japonês. A taxa é calculada por regressão linear em uma janela de 2 anos, sendo recalculada a cada 3 meses, com a inclusão dos últimos 3 meses e manutenção da janela de 2 anos. Compara-se, então, a taxa calculada inicialmente, para todo o período, com as taxas calculadas pela janela móvel de 2 anos.

Para o marco alemão, o franco suíço e o dólar canadense não foram observados grandes desvios em relação as taxas calculadas inicialmente por regressão linear. Contrariamente, para a libra inglesa e o iene japonês observa-se uma tendência de crescimento da taxa de *hedge* com o tempo, com períodos onde as taxas de *hedge* calculadas pela janela são significativamente diferentes das calculadas inicialmente. Grammaticos *et al* (1983) confirmam esta observação com testes estatísticos. Os autores concluem que existem indícios de instabilidade temporal na taxa de *hedge* para alguns mercados. Isto seria uma indicação de que estratégias de *hedge* dinâmicas poderiam ser mais eficientes.

Malliaris *et al* (1991) exploram a instabilidade das taxas de *hedge*, buscando possíveis padrões de comportamento desta no tempo, a hipótese de movimentos randômicos para a taxa de *hedge* é testada. Movimentos randômicos podem levar a instabilidade, mas não necessariamente séries

instáveis serão randômicas. Os dados utilizados foram os preços à vista semanais e dos contratos futuros com vencimento mais próximo para S&P500, NYSE *index* (Jan 1984 até Dez 1988), libra inglesa, marco alemão, iene japonês e franco suíço (Mar 1980 até Dec 1988).

As taxas de *hedge* são calculadas por regressão linear com uma janela móvel de 1 ano, sendo refeito o banco de dados a cada 3 meses. Malliaris *et al* (1991) confirmam a hipótese de movimentos randômicos da taxa de *hedge* para os mercados testados e sugerem metodologias como ARCH ou ARIMA para reajuste da taxa de *hedge* com o tempo.

Ferguson *et al* (1998) criticam a metodologia utilizada por Malliaris *et al* (1991). Em estudo semelhante rejeitam a hipótese de movimentos randômicos para as taxas de *hedge*. O autor utiliza dados das cotações *spot* e futuro da CME para o marco alemão, a libra inglesa, o iene japonês e o dólar canadense, no período de março de 1978 até setembro de 1992.

Segundo Ferguson *et al* (1998) a metodologia utilizada por Malliaris *et al* (1991) tem um viés no sentido de favorecer à aprovação da hipótese de movimentos aleatórios para a taxa de *hedge* e a pequena amostra utilizada também prejudica o estudo. O autor conclui que o reajuste constante das taxas de *hedge* não leva a reduções significativas da variância e questiona se os benefícios adicionais suplantariam os custos do constante reajuste das posições no mercado futuro.

### ***Hedge para uma carteira de commodities***

Foi encontrado um número limitado de estudos sobre o efeito portfólio no cálculo da taxa de *hedge* para cestas de *commodities* usando o mercado futuro.

Segundo Lypny (1988) como a variação do preço *spot* de qualquer moeda está correlacionado com a variação dos preços futuros de outras moedas e as variações dos preços futuro estão correlacionados entre si, o *hedge* que minimiza o risco em um portfólio de “n” moedas pode ser diferente do *hedge* que minimiza o risco para cada moeda separadamente.

Lypny (1988) desenvolve uma metodologia para o cálculo da taxa de *hedge* que minimiza a variância em um portfólio de “n” moedas e compara, para uma cesta composta por duas moedas, três diferentes estratégias de *hedge*.

Nas duas primeiras estratégias não é considerado o efeito portfólio, sendo calculada a taxa de *hedge* para cada par ativo/futuro independentemente. Na estratégia mais simples – estratégia 1 – utiliza-se taxas unitárias, em seguida – estratégia 2 – é feito o cálculo das taxas de *hedge* que minimizam a variância para cada par ativo/futuro. Finalmente, a última estratégia – estratégia 3 – leva em consideração o efeito portfólio, calculando as taxas de *hedge* que minimizam a variância da carteira composta pelas duas moedas, conforme modelo desenvolvido no mesmo artigo.

Lypny (1988) utiliza uma cesta de moedas composta por dólar canadense e marco alemão e utiliza dados de janeiro de 1984 até setembro de 1987 da CME. O período que vai até dezembro de 1986 é utilizado para cálculo das taxas de *hedge*, que são testadas no período posterior.

Alcançou-se uma redução substancial de risco com a estratégia 1. Ao utilizar a estratégia 2, como esperado, foi obtido um resultado um pouco melhor que no caso anterior. Entretanto, com a estratégia 3 foi obtida uma redução de risco menor que com a estratégia 2 e, em alguns casos<sup>20</sup>, menor que com a estratégia 1.

Lypny (1988) conclui que isto poderia ser uma indicação de que as taxas de *hedge* calculadas para a estratégia 2 seriam estáveis no tempo, e que o mesmo não se poderia dizer para as taxas calculadas para a estratégia 3<sup>21</sup>. Assim, já que a diferença entre a estratégia 2 e 3 se deve às relações cruzadas entre as diferentes moedas/futuros, o resultado sugere que pelo menos uma dessas relações seja instável no tempo. O autor sugere a utilização de modelos que capturem esta instabilidade em estudos futuros, através de estratégias dinâmicas.

---

<sup>20</sup> São comparadas taxas de *hedge* calculadas para diferentes prazos.

<sup>21</sup> Já que, para o cálculo das taxas de *hedge* na estratégia 2 são consideradas apenas as correlações entre cada *commodity* e seu futuro e a variância do futuro. Já na estratégia 3 são consideradas as correlações entre *commodities*/futuros diferentes.



Gagnon *et al* (1998) também avaliam o efeito portfólio e o *hedge* dinâmico para duas carteiras, uma composta por marco alemão e iene japonês e outra por marco alemão e franco suíço. Para isso comparam o desempenho do *hedge* em diferentes estratégias:

- Estratégia 1: considera o efeito portfólio e utiliza um *hedge* dinâmico, com modificação da posição no mercado futuro com o tempo. Utiliza o GARCH multivariado, parametrizado como sugerido por Engle *et al* (1994), para estimativa da matriz de covariâncias.
- Estratégia 2: não considera o efeito portfólio mas utiliza um modelo dinâmico, com modificação da posição no mercado futuro com o tempo. Utiliza dois GARCH(1,1) bivariados para estimativa das covariâncias, um para cada par *commodity*/futuro.
- Estratégia 3: considera o efeito portfólio e utiliza um *hedge* estático, sem modificação da posição no mercado futuro com o tempo. Utiliza regressão linear para a estimativa das taxas de *hedge* da carteira.
- Estratégia 4: não considera o efeito portfólio e utiliza um *hedge* estático, sem modificação da posição no futuro com o tempo. Utiliza duas regressões lineares, uma para cada par *commodity*/futuro, para estimativa das taxas de *hedge*.

Gagnon *et al* (1998) utilizaram as taxas *spot* e do mercado futuro da CME de fevereiro de 1985 até fevereiro de 1990 para o marco alemão, o iene japonês e o franco suíço.

Adicionalmente, o autor calcula, para cada estratégia utilizada, a taxa de *hedge* que minimiza a variância e a taxa que maximiza uma função utilidade. Portanto, as 4 estratégias são comparadas quanto a redução da variância e maximização da função utilidade. A redução do risco é avaliada pela redução percentual da variância dos retornos diários obtida com o *hedge* (I.R.V.).

São feitas, portanto, as seguintes comparações:

- Dinâmico x Estático: Compara as estratégias 1 e 3 e as estratégias 2 e 4 levando em conta o I.R.V ou a função utilidade (redução de risco ou maximização da função utilidade).
- Portifólio x não-portifólio: Compara as estratégias 1 e 2 e as estratégias 3 e 4 quanto à posição média no mercado futuro e ao I.R.V. ou posição média e a utilidade.

Finalmente, os autores chegam às seguintes conclusões ao comparar as estratégias com o objetivo de redução da variância:

- *Hedge dinâmico x Hedge estático*: Para as duas carteiras consideradas, tanto no *hedge* com efeito portfólio quanto no *hedge* sem efeito portfólio, as estratégias dinâmicas foram superiores às estratégias estáticas quando avaliado sob o critério de redução de

variância da carteira. Vale lembrar que no *hedge* dinâmico é necessário um maior número de transações e que os custos de transação não foram levados em consideração neste estudo.

- *Efeito portfólio*: Para as duas carteiras consideradas, tanto para estratégias dinâmicas quanto para as estáticas, as estratégias que consideram o efeito portfólio apresentam taxas de *hedge* menores que as do *hedge* sem efeito portfólio. As variâncias das taxas (no *hedge* dinâmico) são maiores no caso em que se considera o efeito portfólio. Entretanto a consideração do efeito portfólio não leva necessariamente a maiores reduções de risco (medido como redução da variância), no caso da carteira formada por iene japonês e marco alemão obteve-se maior redução de risco sem considerar o efeito carteira.

Sob a ótica da maximização da utilidade Gagnon *et al* (1998) concluem:

- *Hedge dinâmico x Hedge estático*: Não se observa maior redução de risco com o *hedge* dinâmico que com o *hedge* estático (para as duas carteiras de moedas e com efeito portfólio), entretanto o retorno observado foi maior. Portanto, sob o ponto de vista de maximização de utilidade o *hedge* dinâmico foi, em todos os casos, preferível ao *hedge* estático.
- *Efeito portfólio*: Para as duas carteiras consideradas, tanto no *hedge* dinâmico quanto no estático, o *hedge* obtido considerando o efeito

portifólio apresenta taxas menores que as do *hedge* sem efeito portifólio, embora as variâncias das taxas (no *hedge* dinâmico) sejam maiores que no caso em que não se considera o efeito portifólio. Para todos os coeficientes de aversão ao risco consideradas no estudo foi obtida utilidade maior quando se considera o efeito carteira.

Concluem, portanto, que ao levar em conta o efeito portifólio é possível conseguir ganhos de eficiência (redução da variância) e utilidade (maximização da função utilidade).

### **2.3 *Hedge Cruzado***

Com o aumento das flutuações nas taxas de câmbio, tornou-se cada vez mais importante para as empresas que possuem fluxos de caixa em moedas estrangeiras a utilização de mecanismos de *hedge*. Entretanto, nem todos os países têm mercado futuro bem desenvolvido para diversas moedas em que as empresas podem estar expostas.

Especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde o mercado financeiro se encontra em estágio embrionário quando comparado aos principais mercados do mundo, podemos observar limitações no mercado futuro de moedas. Assim, as empresas situadas nesses países têm que recorrer a formas alternativas de *hedge*, já que não podem proteger diretamente suas exposições.

Broll (1997) mostra que o *hedge* cruzado – *cross-hedge* – seria uma alternativa para empresas situadas nesses países. Conceitualmente o *hedge*

cruzado consiste na utilização de contratos futuros que não especificamente na *commodity* na qual se está exposto.

Broll *et al* (1999) desenvolvem dois modelos distintos que chamam de *hedge* cruzado perfeito e o *hedge* cruzado imperfeito. Para entender cada alternativa utilizaremos um o exemplo de uma suposta empresa brasileira com exposição em iene japonês, moeda para a qual não há mercado futuro no Brasil e que tivesse a opção de utilizar o mercado americano e o brasileiro. Esta empresa poderia utilizar uma das alternativas citadas, conforme mostrado abaixo:

- *Hedge* cruzado imperfeito: caso não existisse, no Brasil, mercado para o dólar americano *spot* e futuro, a empresa buscaria fazer o *hedge* apenas utilizando o mercado futuro americano. Segundo Broll *et al* (1999) a taxa de *hedge* que maximiza a utilidade da empresa dependeria de características dos mercados considerados e das correlações entre as moedas.
- *Hedge* cruzado perfeito: a empresa buscaria no mercado futuro brasileiro uma moeda de um país onde houvesse mercado futuro para o iene japonês para se proteger, no caso o mercado americano. Poderia utilizar, então, o mercado local de dólar americano, comprando dólar futuro e o mercado norte americano de iene japonês. Dessa forma, a empresa se posicionaria em iene japonês no mercado norte americano (iene japonês contra dólar americano) e em dólar americano no mercado brasileiro (dólar americano contra

real). Este modelo será utilizado nesta dissertação e, portanto, será dada maior atenção a ele.

Broll *et al* (1999) apresentam um modelo para cálculo da taxa de *hedge* que maximiza a utilidade no caso do *hedge* cruzado perfeito e do *hedge* cruzado imperfeito.

O modelo desenvolvido por Broll *et al* (1999) considera uma empresa – avessa ao risco – expostas à variações no câmbio devido à fluxos de caixa denominados em moeda estrangeira e localizada em um país onde o mercado futuro para esta moeda não exista. No caso do *hedge* cruzado perfeito é necessário que exista mercado futuro para a moeda em questão em um terceiro país, bem como entre o mercado local e este terceiro país.

Como pode-se estabelecer uma paridade triangular entre essas moedas, este terceiro país forneceria uma via indireta de se estabelecer um *hedge* para a exposição ao câmbio.

No modelo desenvolvido pelo autor, o país de origem, o terceiro país e o país da moeda em que a empresa está exposta são identificados, respectivamente, como 0, 1 e 2.  $S_{ij}$  é a taxa *spot* expressa em unidades da moeda do país  $i$  por unidades de moeda do país  $j$ .  $F_{ij}$  é a taxa do futuro expressa em unidades da moeda do país  $i$  por unidades de moeda do país  $j$  e  $H_{ij}$  é a quantidade de moeda do país  $j$  vendida (comprada se negativo) no mercado futuro do país  $i$ .

Baseado nas taxas *spot*  $S_{01}$  e  $S_{12}$ , pode-se derivar uma taxa cruzada  $S_{01} * S_{12}$ . Em um mercado livre de arbitragem teremos,  $S_{02} = S_{01} * S_{12}$ .

Considerando que a empresa tenha um fluxo de caixa a receber de valor  $X$  em moeda estrangeira (sinal negativo caso tenha um fluxo a pagar), estaria exposta ao risco de câmbio  $S_{02} * X$  na moeda de seu país de origem e a receita da empresa em sua moeda de origem seria  $W = S_{02} * X + (F_{01} - S_{01}) * H_{01} + S_{01} * (F_{12} - S_{12}) * H_{12}$ .

Broll *et al* (1999) mostram que as taxas de *hedge*<sup>22</sup> –  $H_{01}$  e  $H_{12}$  – que maximizam a função utilidade dependem da correlação entre as moedas e se os mercados futuros são enviesados<sup>23</sup> ou não.

Mostram, também, que, no *hedge* cruzado perfeito, se a empresa se posicionar em ambos os mercados cobrindo toda sua exposição –  $H_{01} = F_{12} * H_{12}$  e  $H_{12} = X$  – o resultado final será equivalente ao que se teria caso se utilizasse um mercado futuro onde o preço fosse igual ao produto entre os preços dos dois futuros utilizados<sup>24</sup>. Ou seja, seria como se a empresa estivesse utilizando um futuro sintético de preço  $F_{01} * F_{12}$ . Esta seria a estratégia de *hedge* que minimiza o risco.

---

<sup>22</sup> No caso do *hedge* imperfeito  $H_{01}$  é igual a zero, pois não existe este mercado.

<sup>23</sup> O valor esperado da taxa spot em  $t$  é igual a cotação do futuro com vencimento em  $t$ .

<sup>24</sup> A receita da empresa seria  $W = S_{01} * S_{12} * X + (F_{01} * F_{12} - S_{01} * S_{12}) * H_{12}$ .

### 3 METODOLOGIA

O capítulo de metodologia será dividido em cinco seções. A primeira seção apresenta a amostra utilizadas neste estudo, em seguida é mostrado o modelo utilizado para montar o futuro sintético para o iene japonês e a libra inglesa. Na terceira seção mostramos o modelo utilizado para cálculo dos retornos diários e, logo em seguida, são definidas as estratégias de *hedge* e as fórmulas para estimativa da taxa de *hedge*. A última seção mostra os modelos utilizados para estimativa das covariâncias.

#### 3.1 A Amostra

Foram utilizadas as cotações de fechamento das taxas de câmbio à vista e do mercado futuro para o dólar americano, o iene japonês e a libra inglesa no período de 01/02/1999 até 31/07/2002. A fonte de informação foi a rede da Bloomberg. Os contratos utilizados são descritos abaixo:

- Dólar *spot*: cotação diária de fechamento do dólar à vista no mercado brasileiro, em reais por dólar americano (R\$/US\$).
- Dólar futuro: cotação diária de fechamento do dólar futuro na Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&F), em reais por dólar americano (R\$/US\$). A série utilizada é composta pela cotação de fechamento do contrato futuro com vencimento mais próximo, sendo que no dia anterior ao vencimento deste contrato passa-se a utilizar a cotação do vencimento seguinte.



- Iene *spot*: cotação diária de fechamento do iene à vista no mercado americano, em dólares americanos por iene japonês (US\$/Y\$).
- Iene futuro: cotação diária de fechamento do iene futuro na Bolsa de Mercadorias de Chicago (*Chicago Mercantile Exchange* – CME), em dólares americanos por iene japonês (US\$/Y\$). A série utilizada é composta pela cotação de fechamento do contrato futuro com vencimento mais próximo, sendo que no dia anterior ao vencimento deste contrato passa-se a utilizar a cotação do vencimento seguinte.
- Libra *spot*: cotação diária de fechamento da libra inglesa à vista no mercado americano, em dólares americanos por libra inglesa (US\$/L\$).
- Libra futuro: cotação diária de fechamento da libra futuro na Bolsa de Mercadorias de Chicago (*Chicago Mercantile Exchange* – CME), em dólares americanos por libra inglesa (US\$/L\$). A série utilizada é composta pela cotação de fechamento do contrato futuro com vencimento mais próximo, sendo que no dia anterior ao vencimento deste contrato passa-se a utilizar a cotação do vencimento seguinte.

O período utilizado se inicia no primeiro dia útil do mês posterior ao início do regime de câmbio flutuante no Brasil e vai até o último dia útil do mês de julho do ano corrente (2002).

## Tratamento da amostra

As séries históricas foram obtidas em três diferentes terminais da Bloomberg, situados no Rio de Janeiro, em São Paulo e em Nova Iorque. Em apenas uma observação, no dia 10/05/1999 para a cotação da libra inglesa *spot*, houve divergência entre as fontes. Entretanto, como havia convergência entre duas das três fontes consultadas e a cotação divergente estava muito acima das cotações dos dias imediatamente anterior e posterior, foi adotada a cotação das duas fontes convergentes, e que parecia mais coerente.

Adicionalmente, foram observados dias em que havia cotação disponível na série obtida por apenas uma ou duas das fontes consultadas. Dessa forma, foi montada uma série tomando como base a fonte mais completa para o período e incluindo as cotações disponíveis nas outras duas fontes para compor a série histórica final utilizada.

Em seguida, como a metodologia exige que sejam utilizados dois mercados (brasileiro e americano) simultaneamente, foram eliminados da amostra todos os dias em que quaisquer dos mercados estivessem fechados ou não houvesse cotação disponível para quaisquer dos mercados utilizados.

Portanto, a amostra final é composta por todos os preços do período excluindo os dias em que não há cotação disponível para o dólar americano, para o iene japonês ou para a libra inglesa.

## Divisão da amostra

Como para as estratégias de *hedge* estáticas é necessário um período inicial para estimativa das taxas de *hedge* e pela metodologia EWMA – *Exponentially Weighted Moving Average model*, descrita no Manual do RiskMetrics™, J.P. Morgan Bank (1996) – de estimativa das covariâncias é necessário um período inicial para estabilização das covariâncias estimadas, a amostra será dividida em dois períodos:

- Período inicial: período de seis meses que se inicia em 01/02/1999 e vai até 30/07/1999, composto por 121 observações. Este período é utilizado para estimativa das taxas de *hedge* das estratégias estáticas e para estabilização das covariâncias calculadas pela metodologia EWMA.
- Período de teste: período de três anos que se inicia em 02/08/1999 e vai até 31/07/2002, composto por 720 observações. Este período é utilizado para avaliação das estratégias de *hedge* consideradas.

Estes períodos foram definidos de forma arbitrária e usando o bom senso, buscando reservar para o período de testes um número significativo de observações e sem prejudicar as estimativas dos parâmetros necessários ao modelo.

### 3.2 O futuro sintético e as taxas *spot* cruzadas

Será utilizado o modelo descrito por Broll *et al* (1999) para o *hedge* cruzado perfeito que minimiza o risco.

Neste caso específico, conforme colocado pelo autor, para uma exposição X em iene japonês (ou libra inglesa) a empresa se posicionaria no mercado futuro dos Estados Unidos cobrindo toda a exposição – transferindo sua exposição para dólar. Da mesma forma utilizaria o mercado futuro de dólar no Brasil para cobrir toda a exposição em dólar resultante da operação anterior.

Segundo Broll *et al* (1999) o resultado é equivalente ao que se teria com a utilização de um suposto futuro com preço equivalente à multiplicação entre os preços futuros do iene japonês (ou libra inglesa) no mercado americano (dólar por iene) pela cotação do dólar futuro no mercado brasileiro (real por dólar), o que resultaria num futuro sintético cotado em reais por iene (ou libra inglesa).

Assim, a taxa do futuro sintético (chamado apenas de futuro e utilizado para todos os cálculos descritos a seguir) será calculada pela fórmula:

$$F_{ij} = F_{iq} * F_{qj} \quad (\text{eq. 3.1})$$

Onde:

$F_{ij}$  = Cotação do futuro sintético em reais por moeda estrangeira;

$F_{iq}$  = Cotação do futuro na CME em dólar por moeda estrangeira;

$F_{qj}$  = Cotação do dólar futuro na BM&F em reais por dólar;

Da mesma forma, a taxa do mercado à vista (ou *spot*) sintético (chamado apenas de *spot* e utilizado para todos os cálculos descritos a seguir) será dada pela fórmula:

$$S_{ij} = S_{iq} * S_{qj} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Onde:

$S_{ij}$  = Cotação *spot* da moeda estrangeira, em reais por moeda estrangeira;

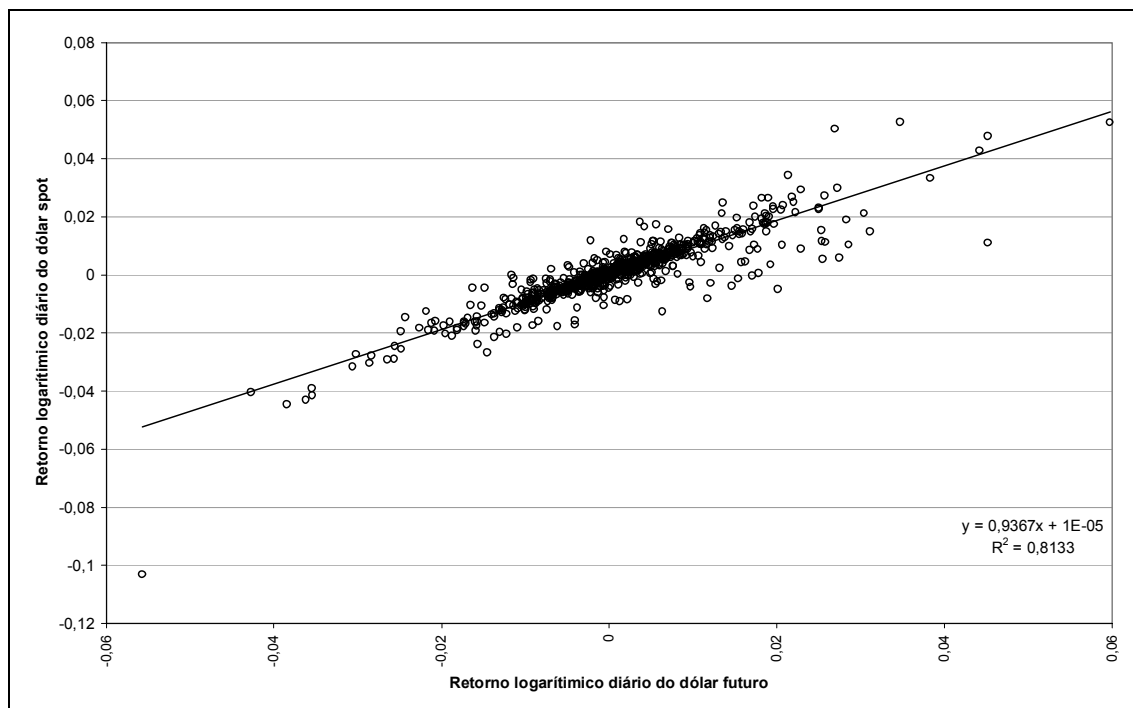
$S_{iq}$  = Cotação *spot* no mercado americano em dólar por moeda estrangeira;

$S_{qj}$  = Cotação do dólar à vista no mercado brasileiro em reais por dólar;

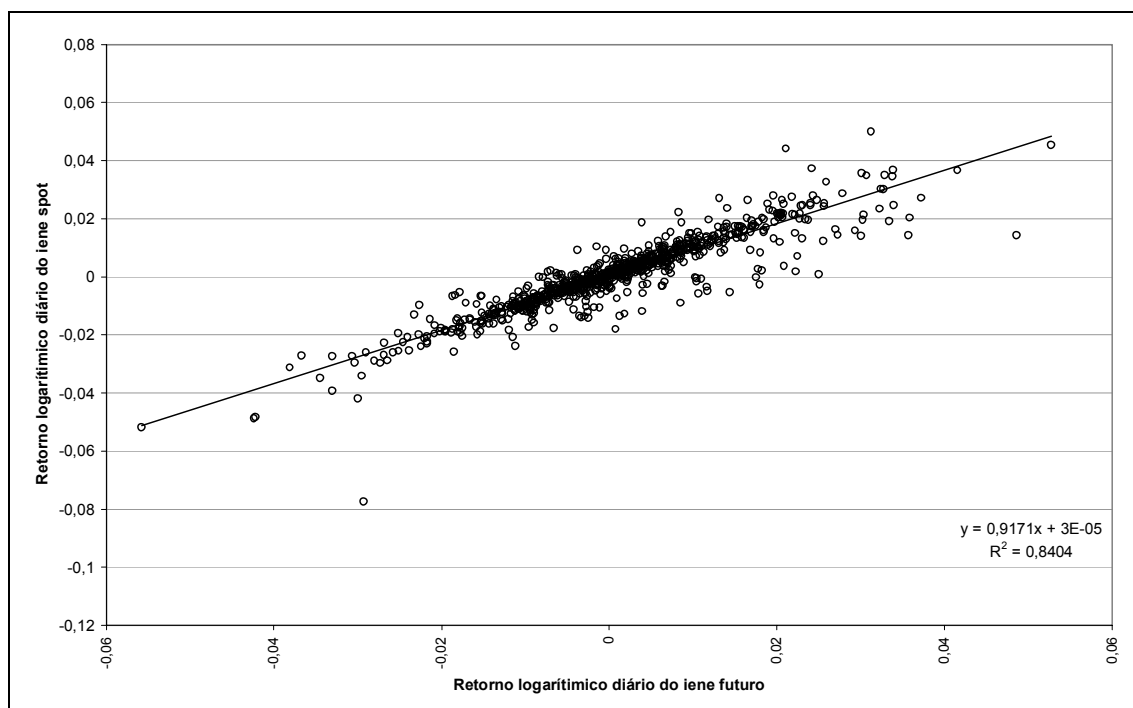
Finalmente, os gráficos a seguir mostram o comportamento dos retornos das taxas *spot* em relação aos retornos no mercado futuro para as moedas utilizadas, inclusive para as taxas *spot* e futuro sintéticas.

Observamos comportamentos parecidos para todas as moedas e, conforme esperado, coeficiente angular próximo de 1 e  $R^2$  elevado em todos os casos. Conforme será mostrado adiante, o coeficiente angular da reta pode ser considerado como uma estimativa de taxa de *hedge* e o  $R^2$  uma medida de eficiência – *ex-post* – do *hedge*.

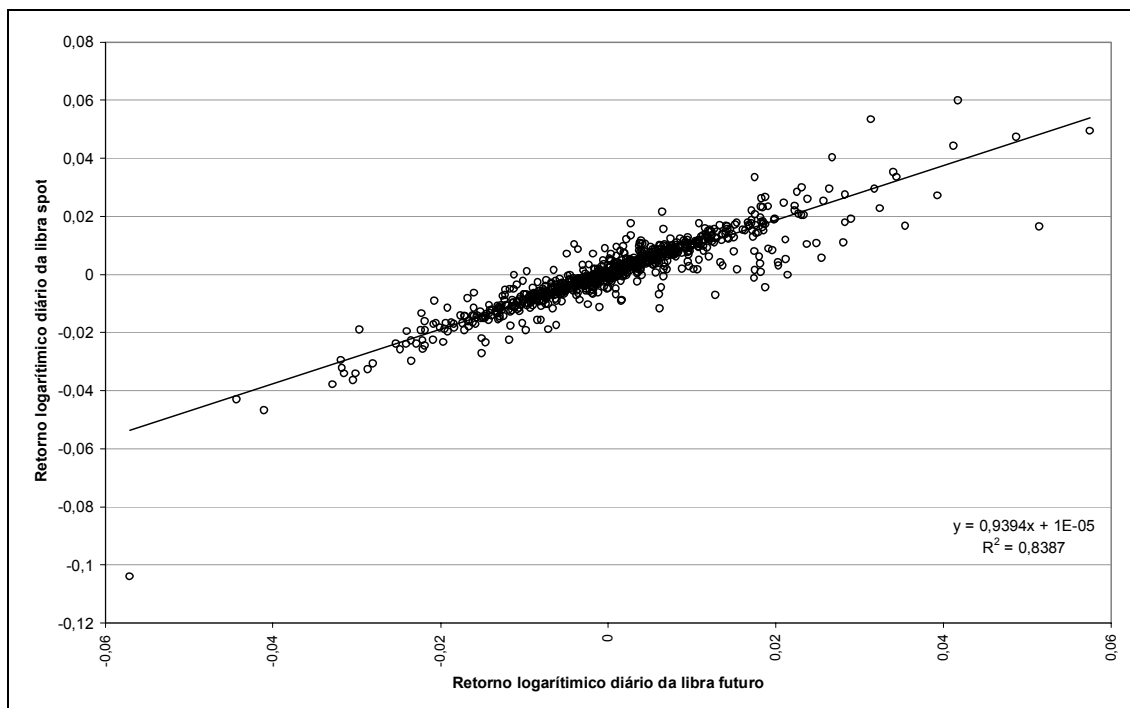
**Gráfico 1 – Regressão linear entre os retornos diários, em reais, nos mercados *spot* e futuro para o dólar americano, no período de 01/02/99 até 31/07/2002**



**Gráfico 2 – Regressão linear entre os retornos diários, em reais, nos mercados *spot* e futuro para o iene japonês, no período de 01/02/99 até 31/07/2002**



**Gráfico 3 – Regressão linear entre os retornos diários, em reais, nos mercados *spot* e futuro para a libra inglesa, no período de 01/02/99 até 31/07/2002**



Esta metodologia representa uma simplificação, já que não permite o cálculo das posições a serem tomadas no mercado americano e brasileiro de forma independente para minimizar a variância da carteira. Além disso, as diferenças de vencimento nos mercados americanos e brasileiro fazem com que o futuro sintético não seja perfeito, embora possamos esperar que as variações diárias dos preços do futuro sintético tenham forte correlação com as variações diárias dos preços à vista da moeda, conforme mostram o Gráfico 2 e o Gráfico 3.

Entretanto, esta simplificação permite que sejam usadas no mercado brasileiro as metodologias utilizadas em mercados mais desenvolvidos e disponíveis na literatura consultada para comparação de estratégias de *hedge* e avaliação do efeito carteira. Além disso, representa uma estratégia passível

de ser utilizada por qualquer *hedger* que tenha acesso ao mercado brasileiro e americano.

### 3.3 Cálculo da Série de Retornos

As séries de retornos logarítmicos diários são montadas a partir das cotações do mercado futuro e *spot* de dólar (BM&F) e das cotações do futuro sintético e das taxas cruzadas *spot* do iene japonês e da libra inglesa, todas expressas em R\$ por unidade de moeda estrangeira.

$$r_t = \ln(X_t / X_{t-1}) \quad (\text{eq. 3.3})$$

Onde:

$r_t$  é o retorno logarítmico do dia  $t$

$X_t$  é o preço no dia  $t$  para a *commodity*/futuro do qual se pretende calcular o retorno

$X_{t-1}$  é o preço no dia  $t-1$

Os retornos são utilizados, finalmente, para estimativa da matriz de covariâncias utilizada para cálculo da taxa de *hedge*.

Os retornos logarítmicos também serão utilizados na avaliação das estratégias de *hedge*, quando serão calculados os retornos diários para a carteira sem *hedge* e para cada estratégia avaliada.



### **3.4 Definição das estratégias e cálculo das taxas de hedge**

O desempenho das estratégias de *hedge* será analisado para duas carteiras de moedas, uma formada por dólar americano e iene japonês e outra por dólar americano e libra inglesa. As carteiras serão compostas por valores equivalentes, em reais, no primeiro dia do período de testes. Ou seja, no dia 02/08/1999 cada carteira é composta pelo equivalente em reais a US\$ 500.000,00 em cada moeda. Tais valores, denominados em dólar e iene ou dólar e libra, serão mantidos até o final do período de teste.

Segue a descrição das estratégias de *hedge* utilizadas para as duas carteiras:

- Estratégia 1: estratégia dinâmica e que considera o efeito portfólio na estimativa das taxas de *hedge*. Será dividida em duas outras estratégias, conforme metodologia utilizada para estimativa da matriz de covariâncias:
  - Estratégia 1\_JM: utiliza uma janela móvel de 44 dias para estimativa da matriz de covariâncias.
  - Estratégia 1\_EWMA: utiliza a metodologia EWMA, conforme descrição do Manual do RiskMetrics<sup>TM</sup> – J.P. Morgan Bank (1996), para estimativa da matriz de covariâncias.
- Estratégia 2: estratégia dinâmica mas que não considera o efeito portfólio na estimativa das taxas de *hedge*. Também será dividida em

duas outras estratégias, conforme metodologia utilizada para estimativa da matriz de covariâncias:

- Estratégia 2\_JM: utiliza uma janela móvel de 44 dias para estimativa da matriz de covariâncias.
- Estratégia 2\_EWMA: utiliza a metodologia EWMA, conforme descrição do Manual do Riskmetrics<sup>TM</sup> – J.P. Morgan Bank (1996), para estimativa da matriz de covariâncias.
- Estratégia 3: estratégia estática mas que considera o efeito portfólio na estimativa das taxas de *hedge*. Utiliza o período inicial para estimativa dos parâmetros estatísticos necessários para estimativa da taxa de *hedge*.
- Estratégia 4: estratégia estática e que não considera o efeito portfólio na estimativa das taxas de *hedge*. Utiliza o período inicial para estimativa dos parâmetros estatísticos necessários para estimativa da taxa de *hedge*.

O *hedge* será avaliado para o período de um dia. Ao final do “dia<sub>t</sub>” serão calculadas as taxas de *hedge* adequadas por cada metodologia. Ao final do “dia<sub>t+1</sub>” as posições no mercado futuro serão desfeitas e o retorno diário, em reais, será calculado para cada estratégia e para a carteira sem *hedge*, conforme descrito abaixo:

- Carteira sem *hedge*: logaritmo neperiano da razão entre o valor *spot* da cesta de moedas ao final do dia  $t$  e seu valor *spot* ao final do dia  $t-1$ .
- Carteiras com *hedge*: logaritmo neperiano da razão entre o valor *spot* da cesta de moedas ao final do dia  $t$ , somado às perdas e/ou ganhos provenientes das posições assumidas no mercado futuro ao final do dia  $t-1$ , e o valor *spot* da carteira de *commodities* ao final do dia  $t-1$ .

O *hedge* será avaliado pela comparação da variabilidade desses retornos diários, conforme mostraremos adiante.

A taxa de *hedge* (TH) é definida, conforme Hull (1999, p.39), como a razão entre o tamanho da posição no mercado futuro e o tamanho da exposição no mercado à vista (eq. 2.2). Entretanto, algumas fórmulas de cálculo levam a uma taxa de *hedge* (THr) expressa em valor em moeda local (no caso real) a assumir no mercado futuro por valor (em moeda local) da carteira *spot*. Assim:

$$THr_t = TH_t * F_t / S_t \quad (\text{eq.3.4})$$

Onde:

TH é a taxa de *hedge* conforme definida na eq. 2.2;

THr é a taxa de *hedge* em valor em moeda local a assumir no mercado futuro por valor (em moeda local) da carteira *spot* e;

F e S são, respectivamente as cotações no mercado futuro e *spot*.

Para as estratégias que não consideram o efeito portfólio (estratégias 2 e 4) a taxa de *hedge* – THr – será calculada, para cada moeda/futuro separadamente pela seguinte fórmula:

$$THr_t = COV_t(r_s; r_f) / VAR_t(r_f) \quad (\text{eq. 3.5})$$

Onde:

$COV_t(r_s; r_f)$  é a covariância entre os retornos diários nos mercados *spot* e futuro em t e;

$VAR_t(r_f)$  é a variância dos retornos diários no mercado futuro em t.

Podemos chegar ao mesmo resultado pela regressão linear (onde a taxa de *hedge* – THr – é o coeficiente angular) tendo como variável dependente os retornos diários na moeda em que se deseja calcular a taxa e como variável independente os retornos diários no mercado futuro. O  $R^2$  da regressão seria uma medida semelhante ao I.R.V.<sup>25</sup>, medido *ex-post*, para o *hedge*, no período da regressão.

Para as estratégias que consideram o efeito portfólio (estratégias 1 e 3) as taxas de *hedge* – THr – serão calculadas pelas fórmulas abaixo<sup>26</sup>:

---

<sup>25</sup> Definido na eq.3.8.

<sup>26</sup> Adaptada de Lypny (1988).

$$Thr_{i,t} = (x_{i,t} * DIF_{ii} + x_{j,t} * DIF_{ji}) / (x_{i,t} * DIF) \quad (\text{eq. 3.6})$$

$$Thr_{j,t} = (x_{j,t} * DIF_{jj} + x_{i,t} * DIF_{ij}) / (x_{j,t} * DIF) \quad (\text{eq. 3.7})$$

Sendo:

$$DIF_{ii} = COV_t(r_{s,i}; r_{f,i}) / VAR_t(r_{f,i}) - COV_t(r_{s,i}; r_{f,i}) / VAR_t(r_{f,i}) * COV_t(r_{s,i}; r_{f,i}) / VAR_t(r_{f,i})$$

$$DIF_{ji} = COV_t(r_{s,j}; r_{f,i}) / VAR_t(r_{f,i}) - COV_t(r_{f,j}; r_{f,i}) / VAR_t(r_{f,i}) * COV_t(r_{s,j}; r_{f,j}) / VAR_t(r_{f,j})$$

$$DIF = 1 - COV_t(r_{f,j}; r_{f,i}) / VAR_t(r_{f,i}) * COV_t(r_{f,i}; r_{f,j}) / VAR_t(r_{f,j})$$

Onde:

$Thr_{i,t}$  é a taxa de *hedge* – definida pela eq. 3.4 – para a moeda i, no tempo t;

$x_{j,t}$  é a fração, em moeda local, da carteira na moeda j, no tempo t;

$COV_t(r_{s,i}; r_{f,i})$  é a covariância, em t, entre os retornos no mercado *spot* (s) para a moeda j e os retornos no mercado futuro (f) para a moeda i;

$VAR_t(r_{f,i})$  é a variância, em t, entre os retornos no mercado futuro (f) para a moeda i;

E alternando-se nas definições acima os índices i e j para as moedas e utilizando-se a eq. 3.7 pode-se calcular a taxa de *hedge* para a moeda j.

Novamente, podemos chegar ao mesmo resultado pela regressão múltipla (onde as taxas de *hedge* – THr – são os coeficientes angulares) tendo como variável dependente os retornos diários da carteira de moedas e como variáveis independentes os retornos diários nos mercados futuros das duas moedas. O  $R^2$  da regressão, mais uma vez, seria uma medida semelhante ao I.R.V., medido *ex-post*, para o *hedge*, no período da regressão.

Para todas as fórmulas acima usaremos os retornos conforme definido na eq. 3.3. Segundo Duffie (1989, p.243-250) quando o prazo do *hedge* – no caso diário – diminui, a taxa de *hedge* obtida com retornos logarítmicos se aproxima da taxa de *hedge* ótima, ou que minimiza a variância, para retornos percentuais.

Finalmente, as estratégias de *hedge* serão avaliadas pela capacidade de redução da variância dos retornos diários, medida pelo índice de redução de variância (I.R.V.).

$$IVR = 1 - \text{VAR}(r_h) / \text{VAR}(r) \quad (\text{eq.3.8})$$

Onde:

IVR é o índice de redução de variância para determinada estratégia;

$\text{VAR}(r_h)$  é a variância dos retornos da carteira com *hedge* e;

$\text{VAR}(r)$  é a variância dos retornos da carteira sem o *hedge*;

Duffie (1989, p.92) comenta: “a aversão à variância é um tipo de aversão ao risco, já que a variância é uma medida de risco, embora uma medida bastante simples para alguns propósitos”. Duffie (1989) adota a variância como medida de risco em seu livro.

Segundo Seelajaroen (2000), “como o objetivo do *hedge* nesta visão é minimizar a variância dos retornos, a eficiência do *hedge* pode ser medida pela razão em que a variância do portfólio com o *hedge* é reduzida quando comparada com a do portfólio sem o *hedge*”.

A seguir mostraremos os procedimentos utilizados para estimativa da matriz de covariâncias dos retornos diários que, como vimos nesta seção, é necessário para o cálculo das taxas de *hedge*.

### **3.5 Estimativa das covariâncias**

Podemos separar as estratégias de *hedge* em dois grandes grupos, estratégias estáticas e dinâmicas. No primeiro caso é utilizado um período inicial para estimativa da matriz de covariâncias incondicionais, com a qual são calculadas as taxas de *hedge* que são utilizadas por todo o período de teste. Na estratégia dinâmica a taxa de *hedge* é reestimada diariamente, utilizando as informações adicionais disponíveis até então.

Neste segundo caso serão utilizadas duas metodologias distintas para estimativa da matriz de covariâncias, ambas baseadas em dados históricos, a janela móvel de 44 dias e o método EWMA, conforme proposto pelo Manual do Riskmetrics<sup>TM</sup> – J.P. Morgan Bank (1996, p. 77-102).

Um alternativa à utilização de dados históricos para cálculo de volatilidade seria a utilização da volatilidade implícita de opções. O preço de uma opção ( $C_t$ ) no instante  $t$  pode ser calculado pela fórmula de Black and Sholes<sup>27</sup> como função do preço do ativo ( $P_t$ ), da volatilidade ( $\sigma$ ), do prazo para o vencimento ( $\tau$ ), do preço de exercício ( $K$ ), e da taxa de juros livre de risco ( $r$ ) ( $C_t = C^{BS}(P_t, \sigma, \tau, K, r)$ ). Dessa forma, a partir do preço de mercado da opção, pode-se, calcular a volatilidade pelo modelo de Black and Sholes, que é chamada de volatilidade implícita da opção. Segundo Duffie *et al* (1997) “em muitos mercados (mas não em todos) a volatilidade implícita das opções é um método mais confiável de previsão das volatilidades futuras que qualquer dos métodos estatísticos padrões baseados em séries de retornos históricos”. Malz (2000) apresenta evidências estatísticas de que a volatilidade implícita revela informações sobre futuros grandes movimentos de preços no mercado que não são captados por outras medidas de risco. Segundo este autor grandes movimentos no preço dos ativos são freqüentemente precedidos por aumentos significativos na volatilidade implícita.

Entretanto, para utilização da volatilidade implícita na estimativa das taxas de *hedge* seria necessário que se tivesse um mercado de opções bem desenvolvido para todas as moedas da carteira estudada – o que não é verdade no mercado brasileiro. E, mesmo assim, apenas as variâncias das

---

27 A rigor o modelo é válido sob as seguintes premissas: comportamento log-normal dos retornos das ações; ausência de custos operacionais ou impostos; mercado livre de arbitragem; captação e empréstimo à mesma taxa de juros e taxa de juro livre de risco constante.



*commodities* poderiam ser estimadas por esta metodologia, que não pode ser utilizada para cálculo de covariâncias. Dessa forma, poderíamos estar introduzindo um viés nos resultados ao comparar diferentes estratégias de *hedge* com metodologias distintas para estimativa das variâncias/covariâncias – implícita ou histórica. Por isso a metodologia de estimativa de variância por volatilidade implícita não foi utilizada.

Mesmo assim, a volatilidade implícita parecer ser, conforme Malz (2000), um bom preditor para futuros grandes movimentos de preços, podendo ser útil na definição de estratégias mistas de *hedge*. Por exemplo, se estratégias que considerassem o efeito carteira fossem eficientes, exceto em períodos de crise, poderíamos usar a volatilidade implícita como indicativo de início e fim de períodos de crise, onde passaríamos a utilizar o *hedge* sem efeito portfólio, utilizando o *hedge* com efeito portfólio em períodos considerados normais. Metodologias mistas não serão adotadas neste estudo.

### **Estimativa da matriz de covariâncias para o *hedge* estático e para a janela móvel**

As covariâncias diárias são calculadas pela equação abaixo.

$$COV_t(r_i, r_j) = \sum [(r_{i,t} - r_i) * (r_{j,t} - r_j)] / (n-1) \quad (\text{eq.3.9})$$

onde:

$COV_t(r_i, r_j)$  é a covariância entre os retornos diários dos preços de  $i$  e  $j$ , no dia  $t$ ;

$r_{i,t}$  é o retorno logarítmico do preço de  $i$  em  $t$

$r_i$  é a média dos retornos do preço de  $i$  na janela utilizada<sup>28</sup>

$r_{j,t}$  é o retorno logarítmico do preço de  $j$  em  $t$

$r_j$  é a média dos retornos do preço de  $j$  na janela utilizada<sup>27</sup>

O tamanho da janela é o único parâmetro que precisa ser determinado para que se possa utilizar o modelo. Não é feita nenhuma consideração explícita sobre o comportamento dos retornos (ou volatilidade) no tempo e assume-se pesos iguais para todos os retornos na janela considerada, conforme colocam Boudoukh *et al* (1997) e o Manual do Riskmetrics<sup>TM</sup> – J.P. Morgan Bank (1996, p. 77-102), e peso zero para os retornos fora da janela. Segundo Boudoukh *et al* (1997) se existirem *clusters* de volatilidade, ou correlação serial entre os retornos, a atribuição de pesos diferentes será mais correta. Os retornos dos períodos mais próximos carregariam mais informação sobre a volatilidade futura que os mais distantes no tempo. Portanto, pesos maiores deveriam ser dados aos retornos mais recentes.

---

<sup>28</sup> No caso da estratégia dinâmica com janela móvel será a janela dos últimos 44 dias, no caso das estratégias estáticas será a janela formada pelo período inicial.

O Manual do Riskmetrics™ – J.P. Morgan Bank (1996, p. 77-102) – demonstra que a estimativa das médias depende apenas do primeiro e do último preços observados na janela, desconsiderando a informação contida nos preços intermediários. Isto faz com que a média oscile muito de um dia para o outro e sua estimativa seja imprecisa. Por todas essas críticas ao método da janela móvel utilizaremos, também, a metodologia EWMA, descrita a seguir.

No caso do *hedge* estático, com a matriz estimada conforme indicado acima para o período inicial será calculada uma taxa de *hedge* que será utilizada por todo o período de testes.

No caso do *hedge* dinâmico com janela móvel, a eq. 3.9 será utilizada para reavaliar a matriz de covariâncias diariamente no período de testes, utilizando os retornos diários dos últimos 44 dias disponíveis até então.

### **Matriz de covariância para o *hedge* dinâmico – EWMA**

Este método é um caso particular de metodologias onde são atribuídos pesos diferentes aos retornos diários no cálculo das covariâncias. É dado um peso maior aos retornos mais recentes e o peso decai exponencialmente com o tempo. O parâmetro  $\lambda$  controla a velocidade do decaimento. As covariâncias são estimadas pela equação abaixo:

$$COV_t(r_i, r_j) = \lambda * COV_{t-1}(r_i, r_j) + (1 - \lambda) * r_{i,t} * r_{j,t} \quad (\text{eq. 3.10})$$

onde:

$COV_t(r_i, r_j)$  é a covariância entre os retornos diários dos preços de  $i$  e  $j$ , em  $t$ ;

$\lambda$  é o parâmetro de decaimento exponencial;

$r_{i,t}$  é o retorno logarítmico do preço de  $i$ , em  $t$ ;

$r_{j,t}$  é o retorno logarítmico do preço de  $j$ , em  $t$ ;

Ao utilizarmos a equação acima para estimativa da volatilidade estamos assumindo que a média dos retornos diários é nula. Segundo o Manual do Riskmetrics<sup>TM</sup> – J.P. Morgan Bank (1996, p. 77-102) – seria mais acurado assumir uma média consistente com a teoria de finanças<sup>29</sup> que ficar sujeito às imprecisões e incertezas relativas à estimação da média (expostas anteriormente para o caso da janela móvel). O  $\lambda$  utilizado neste trabalho é o sugerido pelo Riskmetriks para quando se trabalha com retornos diários ( $\lambda = 0,94$ ). Uma das vantagens desta metodologia é o aumento da velocidade de reação a choques, pois utiliza pesos maiores para observações mais recentes.

Com a matriz de covariâncias estimada será calculada diariamente a taxa de *hedge* a ser utilizada naquele dia. O *hedge* será, então, avaliado no período de teste.

---

<sup>29</sup> É razoável assumir que o retorno diário seja bem pequeno, se aproximando de zero.

## 4 RESULTADOS

Inicialmente serão mostrados os resultados obtidos para a carteira formada pelo dólar americano e o iene japonês, para a carteira sem *hedge* e para todas as estratégias de proteção consideradas. Em seguida a mesma exposição será feita para a carteira composta por dólar americano e libra inglesa. Finalmente os resultados obtidos para as duas carteiras serão comparados.

A análise visa comparar as estratégias de *hedge* que consideram o efeito portfólio com as que não o consideram e as estratégias de *hedge* dinâmicas com as estáticas. Para isso avaliaremos o comportamento das seguintes variáveis:

- Valor médio das taxas de *hedge*: Gagnon *et al* (1998) observaram uma redução significativa na média das taxas de *hedge* diárias em estratégias que consideram o efeito portfólio, embora Lypny(1988), em estudo semelhante, não tenha observado este fato. Esta variável será observada apenas na avaliação do efeito portfólio. A redução na posição média no mercado futuro, sem prejuízo da eficiência do *hedge*, pode representar custos menores para o *hedger*.
- Variabilidade (medida pelo desvio padrão ou variância) das taxas de *hedge* diárias: Gagnon *et al* (1998) observou aumento da variabilidade das taxas de *hedge* em estratégias dinâmicas que consideram o efeito portfólio. Esta variável será observada apenas na avaliação do efeito

portifólio. O aumento da variabilidade representa ajustes maiores e/ou mais freqüentes nas taxas de *hedge*, podendo levar a maiores custos de transação.

- Índice de redução da variância (I.R.V): O I.R.V. será a medida adotada para avaliar a eficiência das diversas estratégias de *hedge*. Gagnon *et al* (1998) utiliza esta medida para avaliar a estratégia de *hedge* sob o ponto de vista da redução de riscos. Este autor chega a resultados diferentes, para as duas carteiras de moedas estudadas, quanto a possibilidade de redução incremental de riscos quando se considera o efeito portfólio. Este índice também será utilizado para comparar estratégias de *hedge* dinâmicas com estáticas. Gagnon *et al* (1998) observou aumento do I.R.V. com a utilização de estratégias dinâmicas. O I.V.R. é uma medida de variabilidade dos retornos, estratégias com variância dos retornos diferentes terão I.V.R diferentes.
- Média dos retornos diários: embora não entre no critério de avaliação de eficiência do *hedge*, será feita uma comparação direta entre as médias dos retornos diários obtidas para as diversas estratégias e para a carteira sem *hedge*.

Conforme colocado anteriormente, neste estudo nenhuma estratégia será avaliada quanto à maximização de qualquer função utilidade que leve em consideração a redução de risco e o retorno obtido, como em Gagnon *et al* (1998).

Em todas as avaliações citadas acima estaremos comparando médias ou variâncias, das taxas de *hedge* ou dos retornos diários. Para dar embasamento estatístico às comparações utilizaremos os seguintes testes:

- Diferença de médias: será utilizado um teste z para diferença de médias em amostras emparelhadas, conforme colocado por McClave (1998, p.391), onde a hipótese inicial é de que a diferença das médias é nula ( $H_0: \mu = 0$ ) e a hipótese alternativa é de que a diferença das médias é diferente de zero ( $H_1: \mu \neq 0$ ) – teste bilateral com significância de 1%.
- Diferença de variâncias: será utilizado um teste F para razão de variâncias em amostras independentes, conforme colocado por McClave (1998, p.412), onde a hipótese inicial é de que a razão das variâncias é igual à 1 ( $H_0: \sigma^2_1/\sigma^2_2 = 1$ ) e a hipótese alternativa é de que a a razão das variâncias é igual diferente de 1 ( $H_1: \sigma^2_1/\sigma^2_2 \neq 1$ ) – teste bilateral com significância de 1%.

Finalmente, a seguir serão apresentados os resultados obtidos.

#### **4.1 Carteira formada pelo dólar americano e iene japonês**

Inicialmente será analisado o efeito portfólio e, em seguida, a possibilidade de se conseguir um *hedge* mais eficiente através de estratégias dinâmicas.

## Avaliação do efeito portfólio

A Tabela 1 mostra a análise descritiva das taxas de *hedge* para as diversas estratégias adotadas. O lado esquerdo mostra as taxas utilizadas nas estratégias que consideram o efeito portfólio, enquanto o lado direito mostra os resultados obtidos nas estratégias que não consideram o efeito portfólio. Portanto, devemos comparar os resultados colocados na mesma linha, de forma a evitar que a metodologia utilizada para estimativa das covariâncias possa influenciar a análise do efeito carteira. O Gráfico 4, o Gráfico 5, o Gráfico 6 e o Gráfico 7 mostram a evolução das taxas de *hedge* no período de análise, separadas por moeda e por estratégias que consideram ou não o efeito portfólio. A Tabela 2 mostra os resultados da comparação estatística entre as taxas de *hedge*.

**Tabela 1 – Análise descritiva das taxas de *hedge* diárias no período de teste para a carteira formada por dólar americano e iene japonês. São apresentados a média e o desvio padrão para todas as estratégias de *hedge* utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira**

Considerando o efeito carteira				Sem considerar o efeito carteira			
		média	desvio padrão			média	desvio padrão
Taxas de hedge dólar				Taxas de hedge dólar			
	Estratégia 1_JM	0,7536	0,3363		Estratégia 2_JM	0,8481	0,1309
	Estratégia 1_EWMA	0,7630	0,3611		Estratégia 2_EWMA	0,8528	0,1345
	Estratégia 3 (estática)	1,4039	-		Estratégia 4 (estática)	1,0005	-
iene				iene			
	Estratégia 1_JM	0,9487	0,2346		Estratégia 2_JM	0,8831	0,0954
	Estratégia 1_EWMA	0,9518	0,2444		Estratégia 2_EWMA	0,8877	0,0985
	Estratégia 3 (estática)	0,5108	-		Estratégia 4 (estática)	0,8890	-
dólar + iene				dólar + iene			
	Estratégia 1_JM	1,7023	0,2708		Estratégia 2_JM	1,7312	0,2201
	Estratégia 1_EWMA	1,7148	0,2766		Estratégia 2_EWMA	1,7405	0,2252
	Estratégia 3 (estática)	1,9148	-		Estratégia 4 (estática)	1,8895	-

Podemos observar, no lado esquerdo da tabela, uma redução nas médias das taxas de *hedge* dinâmicas (estratégias 1 x estratégias 2) para o dólar e um aumento para o iene, ocorrendo o contrário para as taxas de *hedge* estáticas (estratégia 3 x estratégia 4). Para a soma das taxas do dólar e do



iene observa-se uma redução, quando se considera o efeito portfólio, para as estratégias dinâmicas e um aumento para a estratégia estática. O lado esquerdo da Tabela 2 mostra que todas as diferenças de médias, para as estratégias dinâmicas, são altamente significantes sob o ponto de vista estatístico, sendo confirmadas em um teste bilateral com significância de 1%.

**Tabela 2 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e iene – das médias diárias das taxas de *hedge* e de suas variâncias, para estratégias com e sem o efeito portfólio. Para a diferença de médias é feito um teste z bilateral para amostras emparelhadas e com grau de significância de 1 %, mostrado no lado esquerdo da tabela. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%, mostrado no lado direito**

Valor de z para o teste de diferença de médias					Valor de F para o teste de diferença de variâncias				
		valor z	significante <sup>1</sup> ?				valor F	significante <sup>2</sup> ?	
Taxas de hedge					Taxas de hedge				
dólar					dólar				
Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM		-9,44	sim		Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM		6,60	sim	
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA		-8,23	sim		Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA		7,21	sim	
iene					iene				
Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM		8,27	sim		Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM		6,05	sim	
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA		7,50	sim		Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA		6,16	sim	
dólar + iene					dólar + iene				
Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM		-9,06	sim		Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM		1,51	sim	
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA		-6,05	sim		Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA		1,51	sim	

Notas:  
<sup>1</sup> Grau de significância de 1%, em um teste-z bilateral para diferença de médias (emparelhadas).  
<sup>2</sup> Grau de significância de 1% em um teste F para diferença de variâncias.

Ao compararmos a variabilidade das taxas para as estratégias dinâmicas observamos um aumento do desvio padrão para as taxas de *hedge* do dólar, do iene para a soma das taxas nas estratégias que consideram o efeito portfólio. O lado direito da Tabela 2 mostra que essas diferenças são altamente significantes sob o ponto de vista estatístico, sendo, também, confirmadas em um teste bilateral com significância de 1%.

Também é interessante observar – utilizando a Tabela 1 – a variância da soma das taxas de *hedge* para a carteira (VSTH) e comparar com a soma das

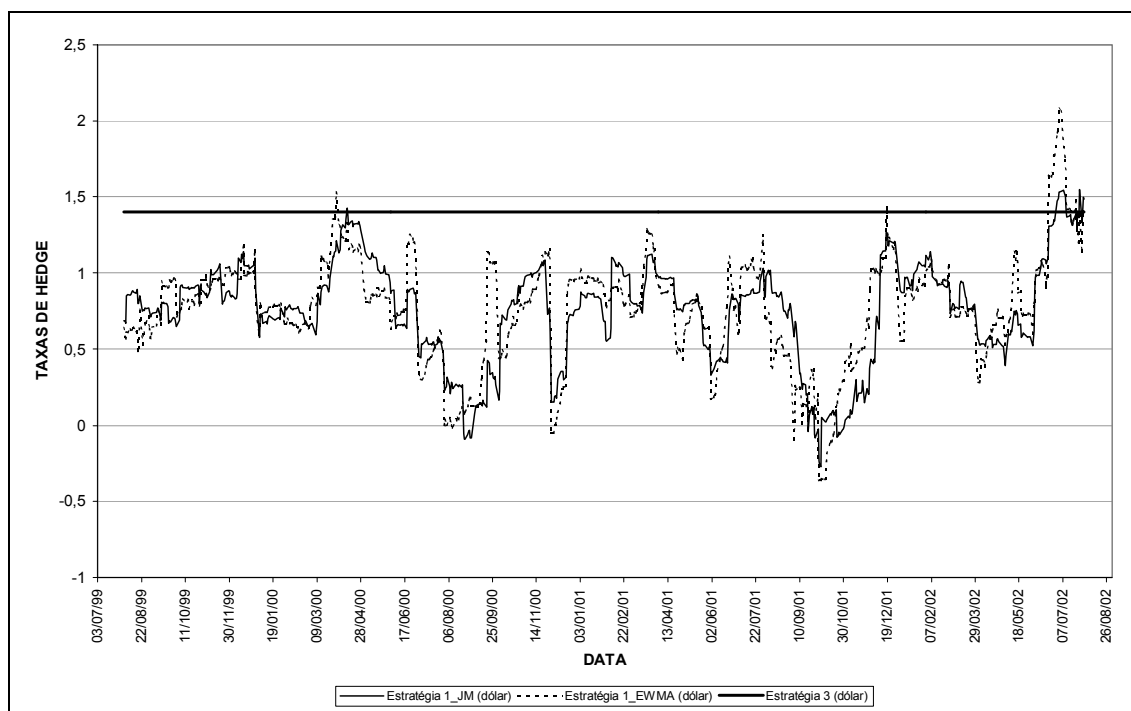
variâncias das taxas de *hedge* para cada moeda da cesta individualmente (SVTH)<sup>30</sup>. Observamos que, no caso das estratégias que consideram o efeito portfólio,  $VSTH < SVTH$ , enquanto nas estratégias que não o consideram  $VSTH > SVTH$ . Isso poderia ser resultado de dinâmicas diferentes das taxas de *hedge*, onde aumentos na taxa de *hedge* de uma moeda tenderiam a ser compensados por reduções na taxa da outra moeda, nas estratégias com efeito carteira, ou seguidos por aumentos na taxa da outra moeda, nas estratégias sem efeito carteira. No primeiro caso teríamos correlação negativa entre as taxas das duas moedas, enquanto no segundo a correlação seria positiva. Vale ressaltar que esta observação não foi verificada estatisticamente.

Pela comparação entre o Gráfico 4 e o Gráfico 6, ou entre o Gráfico 5 e o Gráfico 7, podemos observar a maior variabilidade das taxas de *hedge* para as estratégias que consideram o efeito portfólio.

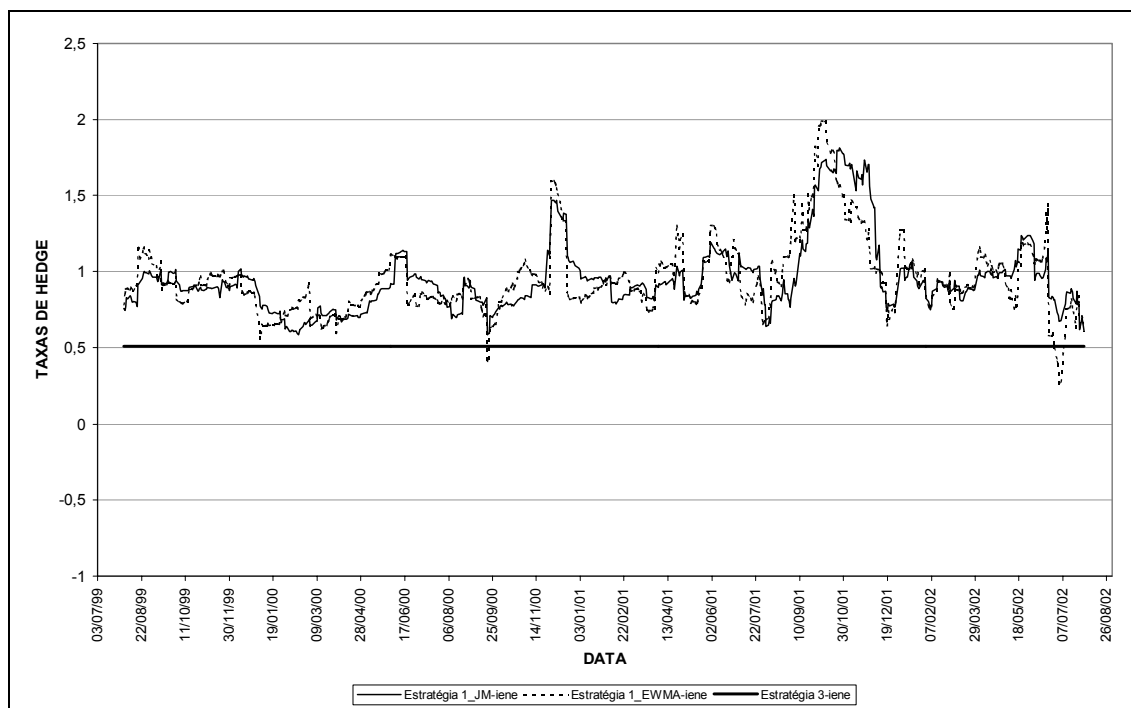
---

<sup>30</sup> Em duas distribuições normais correlacionadas a variância da soma seria igual a soma das variâncias mais duas vezes a covariância, ponderada pela composição da carteira.

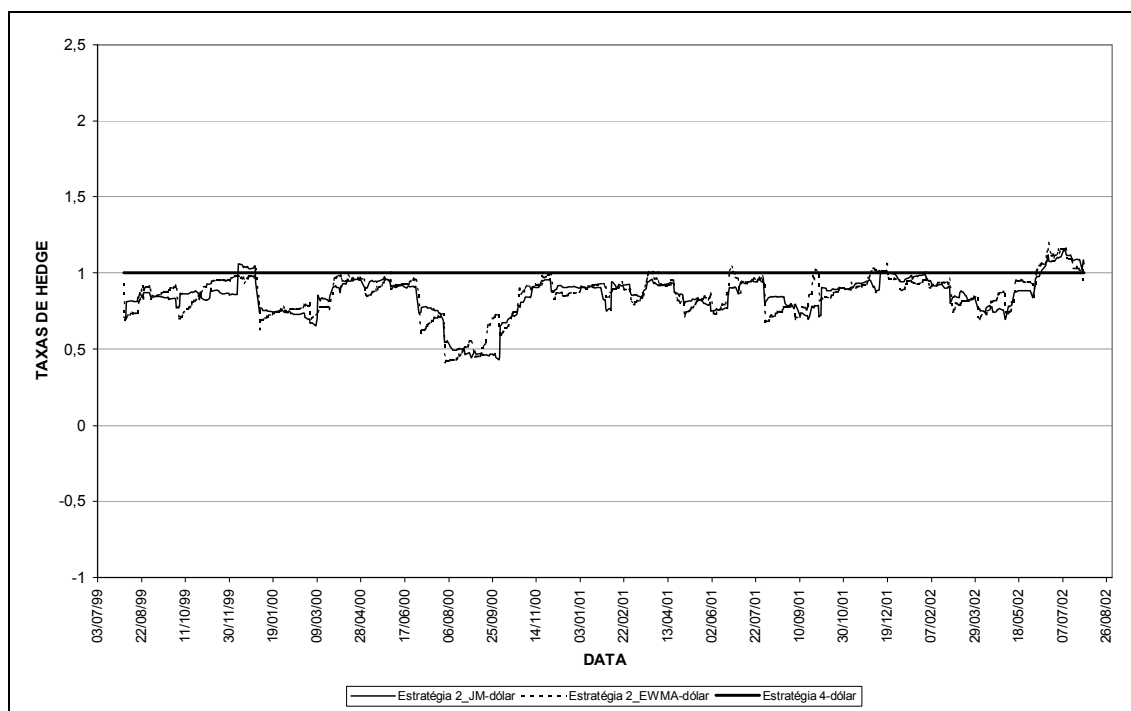
**Gráfico 4 – Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o dólar americano na carteira composta por dólar e iene japonês. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira**



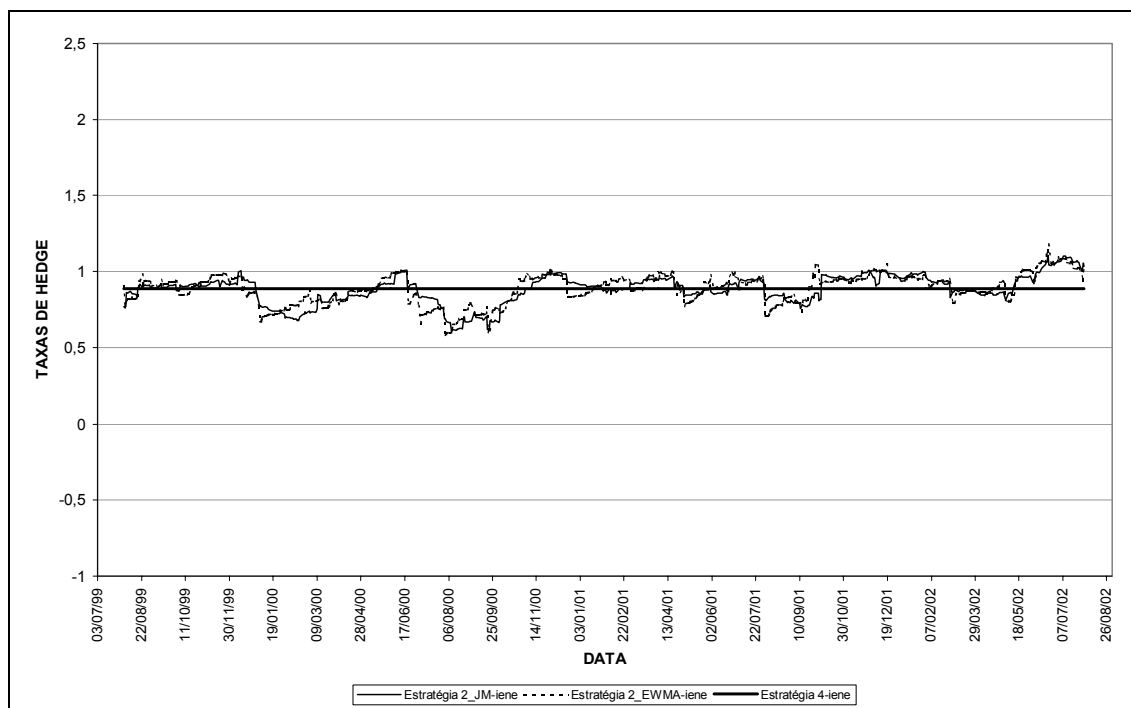
**Gráfico 5 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o iene japonês na carteira composta por iene e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira**



**Gráfico 6 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o dólar americano na carteira composta por dólar e iene japonês. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira, exceto a estratégia de taxa unitária**



**Gráfico 7 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o iene japonês na carteira composta por iene e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira**



A Tabela 3 mostra a análise descritiva dos retornos realizados no período de testes para o dólar americano e o iene japonês. O lado esquerdo mostra os retornos realizados para as estratégias que consideram o efeito portfólio, enquanto o lado direito mostra os retornos realizados para as estratégias que não consideram o efeito portfólio. Novamente, devemos comparar os resultados colocados na mesma linha, de forma a evitar que a metodologia utilizada para estimativa das covariâncias possa influenciar a análise do efeito carteira. A Tabela 4 mostra os resultados da comparação estatística entre as médias e as variâncias dos retornos.

**Tabela 3 – Análise descritiva dos retornos realizados no período de teste para a carteira formada por dólar americano e iene japonês. São apresentados a média dos retornos diários, o desvio padrão e o índice de redução de variância – tendo como referência a carteira sem *hedge* – para todas as estratégias de *hedge* utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira**

	Considerando o efeito carteira				Sem considerar o efeito carteira		
	média	desvio padrão	I.R.V		média	desvio padrão	I.R.V
Retornos				Retornos			
sem hedge	0,0854%	1,0257%	0,0000%	sem hedge	0,0854%	1,0257%	0,0000%
Estratégia 1_JM	0,0114%	0,4274%	82,6380%	Estratégia 2_JM	0,0108%	0,4217%	83,0964%
Estratégia 1_EWMA	0,0134%	0,4303%	82,4009%	Estratégia 2_EWMA	0,0097%	0,4209%	83,1610%
Estratégia 3 (estática)	0,0045%	0,4394%	81,6462%	Estratégia 4 (estática)	0,0077%	0,4139%	83,7184%
				Taxa unitária	0,0032%	0,4239%	82,9224%

Podemos observar médias maiores para as estratégias dinâmicas que consideram o efeito portfólio, quando comparadas com as que não o consideram. Entretanto, nenhuma diferença de médias é confirmada pelo teste estatístico utilizado, como mostra a Tabela 4. Vale lembrar que a média dos retornos diários não entra diretamente no critério de avaliação do *hedge* utilizado neste trabalho.

Quanto à eficiência do *hedge*, observamos que o I.R.V. é maior para as estratégias que não consideram o efeito portfólio, tanto para as estratégias dinâmicas quanto para as estáticas. Portanto, obtivemos um *hedge* menos eficiente, sob o ponto de vista da redução de risco, no caso das estratégias que consideram o efeito portfólio. A Tabela 3 mostra, também, o resultado obtido com a estratégia de taxa unitária, que foi pior que o de qualquer estratégia que não considere o efeito portfólio e melhor que o de qualquer estratégia que o considere. A estratégia 4 foi a que apresentou melhor desempenho e a estratégia 3 a de pior desempenho.

**Tabela 4 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e iene – da média retornos diários e de suas variâncias, entre as diversas estratégias de *hedge* e a carteira sem *hedge*, entre estratégias com e sem efeito portfólio e entre estratégias dinâmicas e estáticas. Para a diferença de médias é feito um teste z bilateral para amostras emparelhadas e com grau de significância de 1 %, mostrado no lado esquerdo da tabela. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%, mostrado no lado direito**

Valor de z para o teste de diferença de médias			Valor de F para o teste de diferença de variâncias		
	valor z	significante <sup>1</sup> ?		valor F	significante <sup>2</sup> ?
Retornos			Retornos		
Carteira sem hedge comparada com:			Carteira sem hedge comparada com:		
Estratégia 1_JM	2,08	não	Estratégia 1_JM	5,76	sim
Estratégia 1_EWMA	2,00	não	Estratégia 1_EWMA	5,68	sim
Estratégia 2_JM	2,10	não	Estratégia 2_JM	5,92	sim
Estratégia 2_EWMA	2,11	não	Estratégia 2_EWMA	5,94	sim
Estratégia 3	2,28	não	Estratégia 3	5,45	sim
Estratégia 4	2,14	não	Estratégia 4	6,14	sim
Taxa unitária	2,12	não	Taxa unitária	5,86	sim
Efeito carteira			Efeito carteira		
Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	0,22	não	Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	1,03	sim
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	1,10	não	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	1,05	sim
Estratégia 3 x Estratégia 4	-0,62	não	Estratégia 3 x Estratégia 4	1,13	sim
Hedge dinâmico x Hedge estático			Hedge dinâmico x Hedge estático		
Estratégia 1_JM x Estratégia 3	0,92	não	Estratégia 1_JM x Estratégia 3	1,06	sim
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 3	1,18	não	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 3	1,04	sim
Estratégia 2_JM x Estratégia 4	0,79	não	Estratégia 2_JM x Estratégia 4	1,04	sim
Estratégia 2_EWMA x Estratégia 4	0,55	não	Estratégia 2_EWMA x Estratégia 4	1,04	sim

Notas:

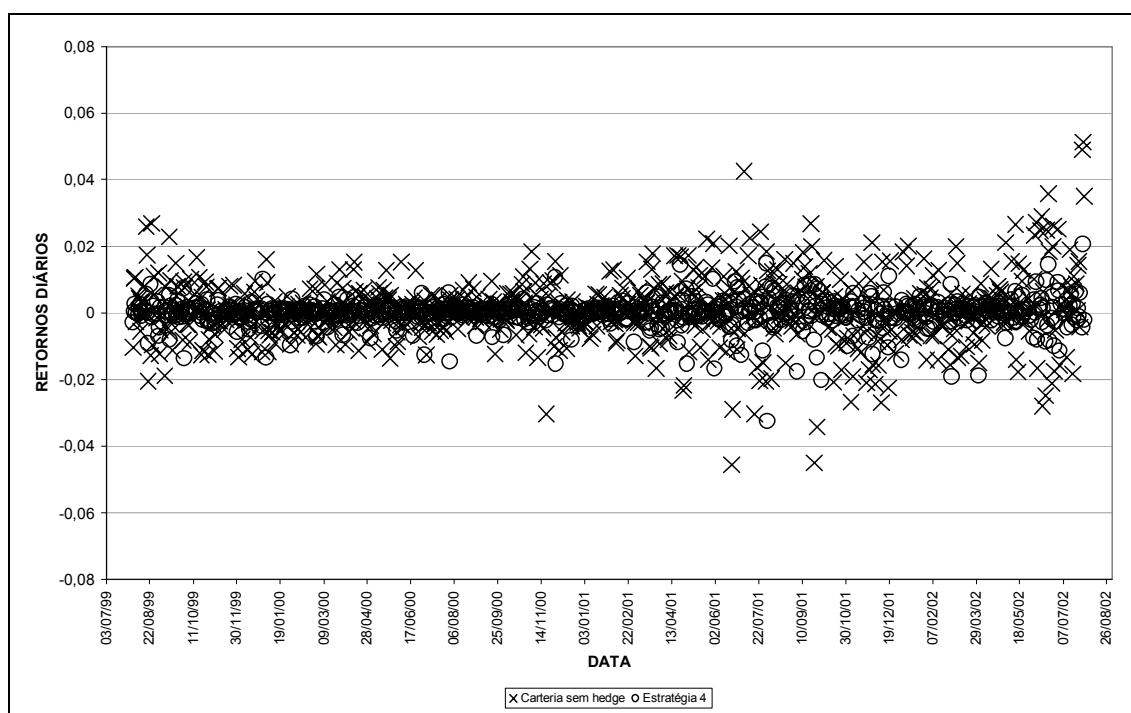
<sup>1</sup> Grau de significância de 1%, em um teste-z bilateral para diferença de médias (emparelhadas).

<sup>2</sup> Grau de significância de 1% em um teste F para diferença de variâncias.

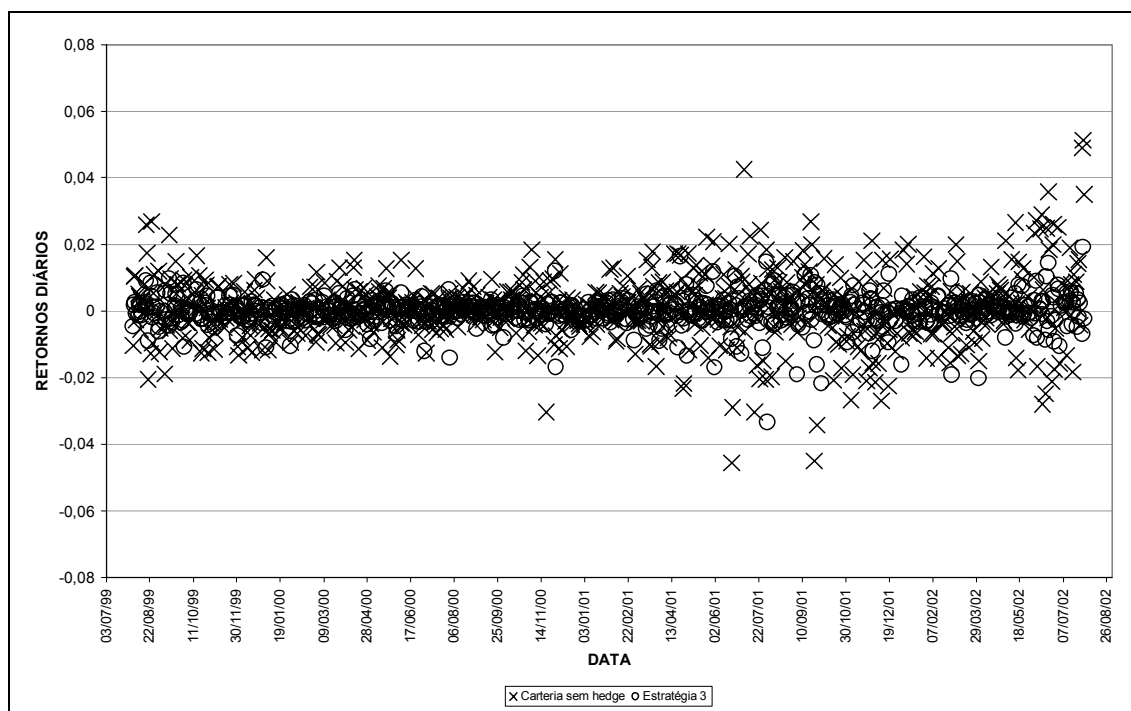
Observando o lado direito da Tabela 4 vemos que, em todas as comparações realizadas, foram confirmadas estatisticamente as diferenças de variâncias. Isto confirma as diferenças observadas no I.R.V., que é função da variância.

O Gráfico 8 mostra os retornos realizados para a melhor estratégia e para a carteira sem *hedge*, enquanto o Gráfico 9 mostra os retornos realizados para a pior estratégia e para a carteira sem *hedge*. Visualmente os resultados são bastante parecidos. Podemos observar uma redução da variância dos retornos nas estratégias com *hedge* quando comparadas à carteira sem *hedge* e que as médias dos retornos parecem estar próximas de zero.

**Gráfico 8 – Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem *hedge* e para a estratégia de *hedge* mais eficiente – estratégia 4 – para a carteira composta por dólar e iene japonês**



**Gráfico 9 - Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem *hedge* e para a estratégia de *hedge* menos eficiente – estratégia 3 – para a carteira composta por dólar e iene japonês**



### **Estratégias dinâmicas x Estratégias estáticas**

A Tabela 3 mostra que, apenas para as estratégias que consideram o efeito portfólio, foi observado um incremento no I.R.V. pela utilização de estratégias dinâmicas, quando foi observado também um aumento das médias. A diferença no I.R.V é confirmada estatisticamente, enquanto a diferença nas médias não pôde ser confirmada – Tabela 4.

Isto pode ser considerado uma indicação de que as estratégias dinâmicas seriam tanto mais importantes quanto mais instáveis fossem as relações consideradas no cálculo das taxas de *hedge*, como no caso das correlações entre diferentes moedas/futuros, estimadas nas estratégias que consideram o efeito carteira.



Também observamos um aumento das médias no lado direito da tabela, quando utilizamos estratégias dinâmicas, que não é confirmado no teste estatístico mostrado na Tabela 4.

#### **4.2 Carteira formada pelo dólar americano e libra inglesa**

Inicialmente será analisado o efeito portfólio e, em seguida, a possibilidade de se conseguir um *hedge* mais eficiente através de estratégias dinâmicas.

##### **Avaliação do efeito portfólio**

A Tabela 5 mostra a análise descritiva das taxas de *hedge* para as diversas estratégias adotadas. O lado esquerdo mostra as taxas utilizadas nas estratégias que consideram o efeito portfólio, enquanto o lado direito mostra os resultados obtidos nas estratégias que não consideram o efeito portfólio. Devemos comparar os resultados colocados na mesma linha, de forma a evitar que a metodologia utilizada para estimativa das covariâncias possa influenciar a análise do efeito carteira. O Gráfico 10, o Gráfico 11, o Gráfico 12 e o Gráfico 13 mostram a evolução das taxas de *hedge* no período de análise, separadas por moeda e por estratégias que consideram ou não o efeito portfólio. A Tabela 6 mostra os resultados da comparação estatística entre as taxas de *hedge*.

**Tabela 5 – Análise descritiva das taxas de *hedge* diárias no período de teste para a carteira formada por dólar americano e libra inglesa. São apresentados a média e o desvio padrão para todas as estratégias de *hedge* utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira**

Considerando o efeito carteira				Sem considerar o efeito carteira			
		média	desvio padrão			média	desvio padrão
Taxas de hedge dólar				Taxas de hedge dólar			
	Estratégia 1_JM	0,8948	0,3723		Estratégia 2_JM	0,8481	0,1309
	Estratégia 1_EWMA	0,8858	0,3765		Estratégia 2_EWMA	0,8529	0,1347
	Estratégia 3 (estática)	1,8664	-		Estratégia 4 (estática)	1,0330	-
libra				libra			
	Estratégia 1_JM	0,7960	0,3319		Estratégia 2_JM	0,8796	0,0946
	Estratégia 1_EWMA	0,8153	0,3404		Estratégia 2_EWMA	0,8843	0,1029
	Estratégia 3 (estática)	0,2097	-		Estratégia 4 (estática)	1,0130	-
dólar + libra				dólar + libra			
	Estratégia 1_JM	1,6907	0,2554		Estratégia 2_JM	1,7277	0,2183
	Estratégia 1_EWMA	1,7011	0,2613		Estratégia 2_EWMA	1,7372	0,2305
	Estratégia 3 (estática)	2,0760	-		Estratégia 4 (estática)	2,0460	-

Podemos observar, no lado esquerdo da tabela, um aumento nas médias das taxas de *hedge* para o dólar e uma diminuição para a libra, tanto para as estratégias dinâmicas quanto para as estáticas. Para a soma das taxas do dólar e da libra observa-se uma redução, ao considerar o efeito portfólio, para as estratégias dinâmicas e um aumento para a estratégia estática. O lado esquerdo da Tabela 6 mostra que todas as diferenças de médias, para as estratégias dinâmicas, são altamente significantes sob o ponto de vista estatístico, sendo confirmadas em um teste bilateral com significância de 1%.

**Tabela 6 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e libra – das médias diárias das taxas de *hedge* e de suas variâncias, para estratégias com e sem o efeito portfólio. Para a diferença de médias é feito um teste z com as amostras emparelhadas com grau de significância de 1 % e bilateral. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%**

Valor de z para o teste de diferença de médias				Valor de F para o teste de diferença de variâncias			
		valor z	significante <sup>1</sup> ?			valor F	significante <sup>2</sup> ?
Taxas de hedge dólar				Taxas de hedge dólar			
	Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	3,88	sim		Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	8,09	sim
	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	2,71	sim		Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	7,82	sim
libra				libra			
	Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	-7,59	sim		Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	12,32	sim
	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	-5,69	sim		Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	10,95	sim
dólar + libra				dólar + libra			
	Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	-15,23	sim		Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	1,37	sim
	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	-10,51	sim		Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	1,29	sim

Notas:  
<sup>1</sup> Grau de significância de 1%, em um teste-z bilateral para diferença de médias (emparelhadas).  
<sup>2</sup> Grau de significância de 1% em um teste F para diferença de variâncias.

Ao compararmos a variabilidade das taxas – apenas para as estratégias dinâmicas – observamos um aumento do desvio padrão para as taxas de *hedge* do dólar, da libra e da soma das taxas nas estratégias que consideram o efeito portfólio. O lado direito da Tabela 6 mostra essas diferenças são altamente significantes sob o ponto de vista estatístico, sendo confirmadas em um teste bilateral com significância de 1%.

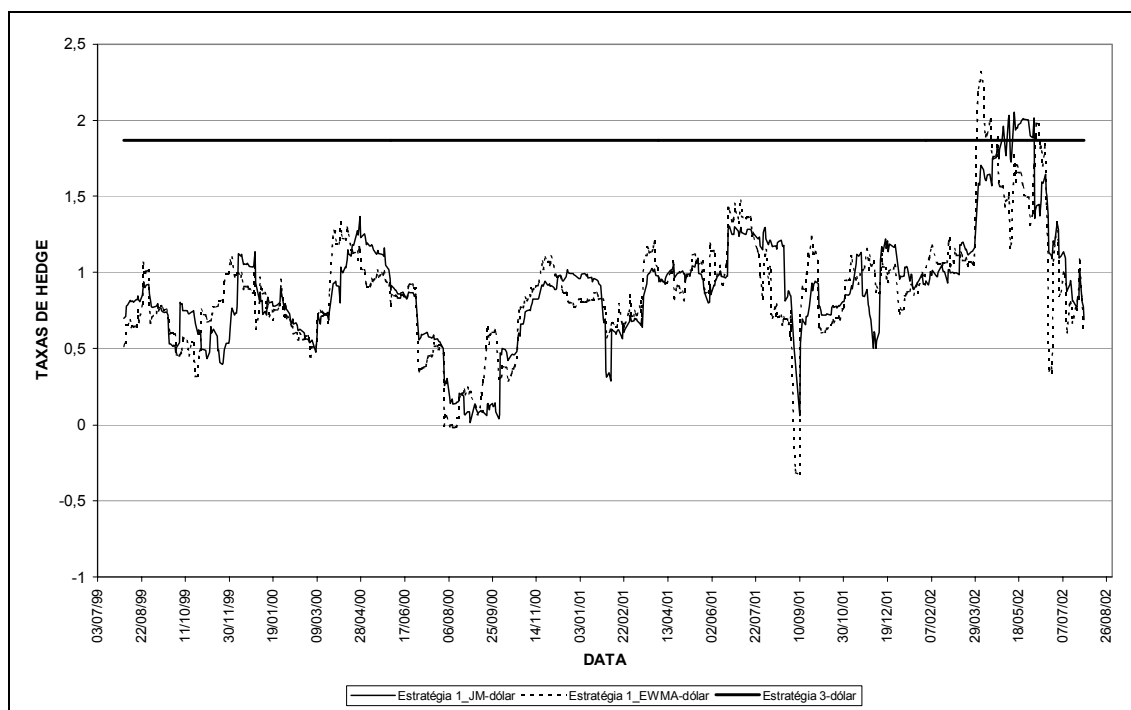
Também é interessante observar – utilizando a Tabela 5 – a variância da soma das taxas de *hedge* para a carteira (VSTH) e comparar com a soma das variâncias das taxas de *hedge* para cada moeda da cesta individualmente (SVTH)<sup>31</sup>. Observamos que, no caso das estratégias que consideram o efeito portfólio,  $VSTH < SVTH$ , enquanto nas estratégias que não o consideram  $VSTH > SVTH$ . Isso, novamente, poderia ser resultado de dinâmicas diferentes

<sup>31</sup> Em duas distribuições normais correlacionadas a variância da soma seria igual a soma das variâncias mais duas vezes a covariância, ponderada pela composição da carteira.

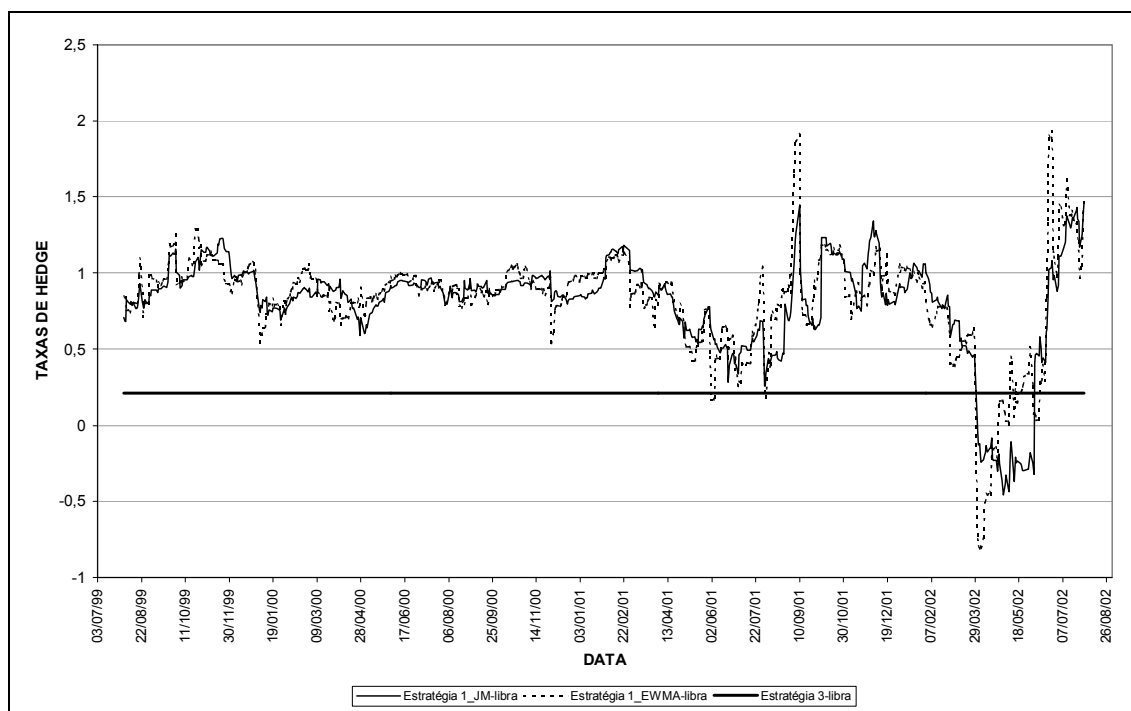
das taxas de *hedge*, onde aumentos na taxa de *hedge* de uma moeda tenderiam a ser compensados por reduções na taxa da outra moeda, nas estratégias com efeito carteira, ou seguidos por aumentos na taxa da outra moeda, nas estratégias sem efeito carteira. No primeiro caso teríamos correlação negativa entre as taxas das duas moedas, enquanto no segundo a correlação seria positiva. Vale ressaltar que esta observação não foi verificada estatisticamente.

Pela comparação entre o Gráfico 10 e o Gráfico 12, ou entre o Gráfico 11 e o Gráfico 13, podemos observar a maior variabilidade das taxas de *hedge* para as estratégias que consideram o efeito portfólio.

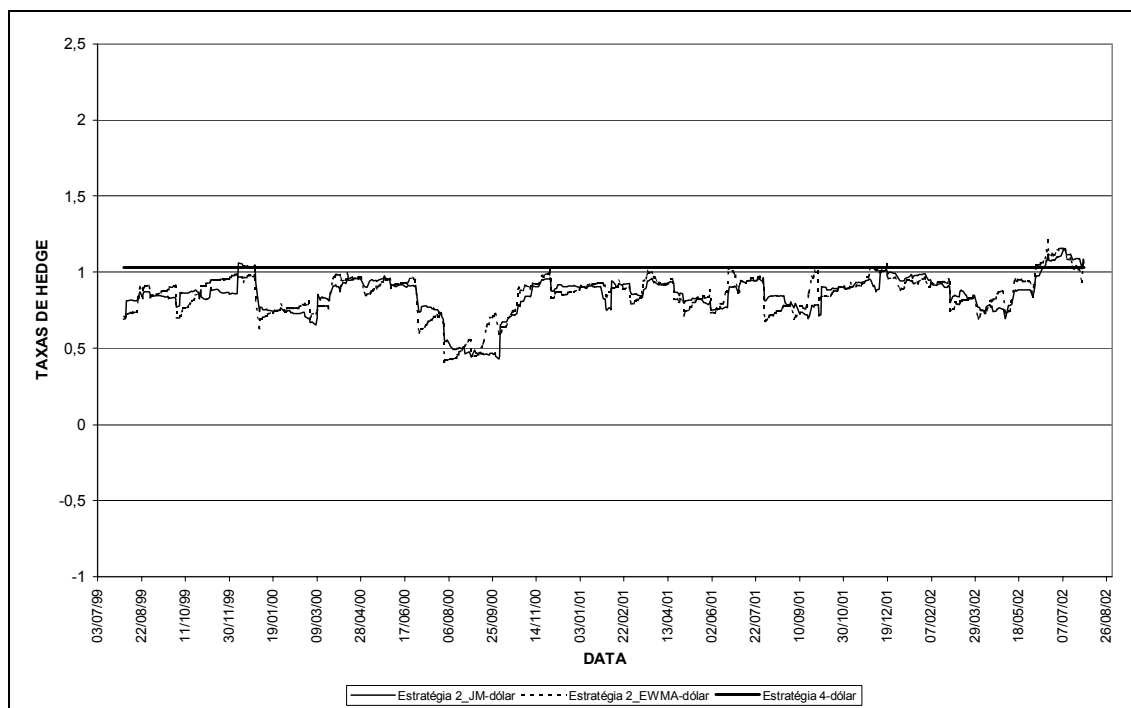
**Gráfico 10 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o dólar americano na carteira composta por dólar e libra inglesa. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira**



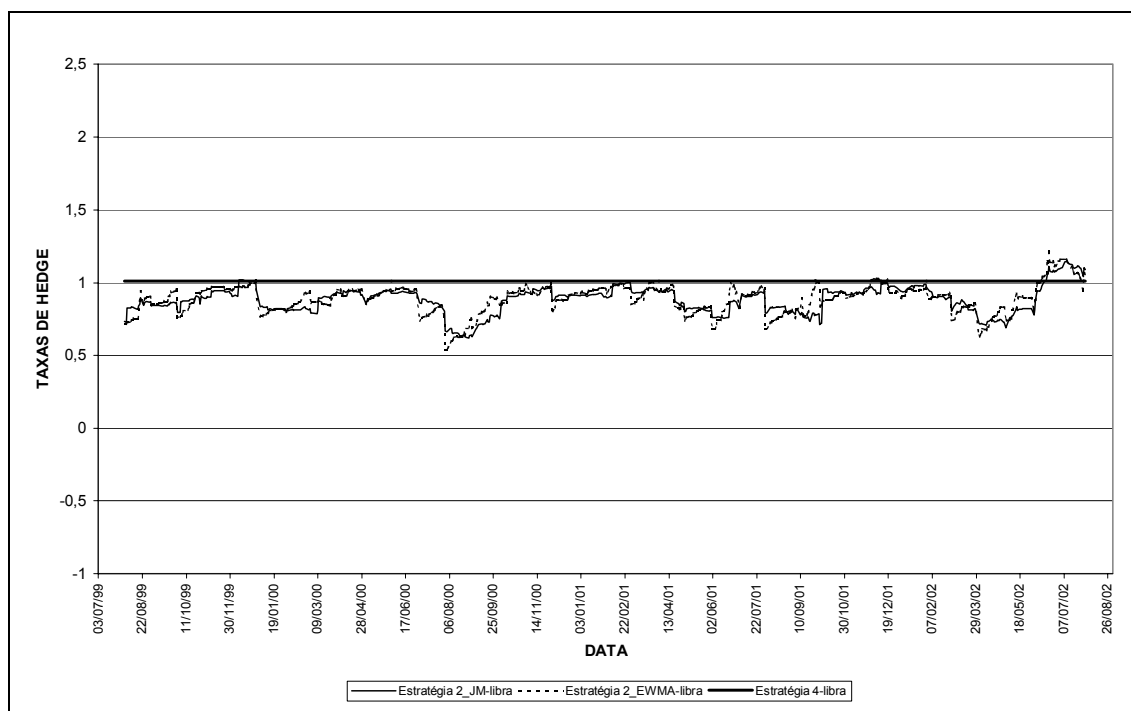
**Gráfico 11 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para a libra inglesa na carteira composta por libra e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que consideram o efeito carteira**



**Gráfico 12 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para o dólar americano na carteira composta por dólar e libra inglesa. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira, exceto a estratégia de taxa unitária**



**Gráfico 13 - Evolução diária, no período de teste, das taxas de *hedge* para a libra inglesa na carteira composta por libra e dólar americano. São mostradas apenas as estratégias que não consideram o efeito carteira**



A Tabela 7 mostra a análise descritiva dos retornos realizados no período de testes para o dólar americano e a libra inglesa. O lado esquerdo mostra os retornos realizados para as estratégias que consideram o efeito portfólio, enquanto o lado direito mostra os retornos realizados para as estratégias que não consideram o efeito portfólio. Novamente, devemos comparar os resultados colocados na mesma linha, de forma a evitar que a metodologia utilizada para estimativa das covariâncias possa influenciar a análise do efeito carteira. A Tabela 8 mostra os resultados da comparação estatística entre as médias e as variâncias dos retornos.

**Tabela 7 – Análise descritiva dos retornos realizados no período de teste para a carteira formada por dólar americano e libra inglesa. São apresentados a média dos retornos diários, o desvio padrão e o índice de redução de variância – tendo como referência a carteira sem *hedge* – para todas as estratégias de *hedge* utilizadas, sendo o lado esquerdo da tabela reservado para as estratégias, dinâmicas ou estáticas, que consideram o efeito carteira e o lado direito reservado para as estratégias que não consideram o efeito carteira**

	Considerando o efeito carteira				Sem considerar o efeito carteira		
	média	desvio padrão	I.R.V		média	desvio padrão	I.R.V
Retornos				Retornos			
sem hedge	0,0864%	0,9853%	0,0000%	sem hedge	0,0864%	0,9853%	0,0000%
Estratégia 1_JM	0,0144%	0,4178%	82,0206%	Estratégia 2_JM	0,0111%	0,4139%	82,3548%
Estratégia 1_EWMA	0,0147%	0,4254%	81,3583%	Estratégia 2_EWMA	0,0124%	0,4174%	82,0523%
Estratégia 3 (estática)	-0,0053%	0,4680%	77,4425%	Estratégia 4 (estática)	0,0015%	0,4215%	81,6989%
				Taxa unitária	0,0036%	0,4158%	82,1906%

Podemos observar médias maiores para as estratégias dinâmicas que consideram o efeito portfólio, quando comparadas com as que não o consideram. Entretanto nenhuma diferença de média é confirmada pelo teste estatístico utilizado, como mostra o lado esquerdo da Tabela 8. Vale lembrar que a média dos retornos diários não entra diretamente no critério de avaliação do *hedge* adotado neste trabalho.

Quanto à eficiência do *hedge*, observamos que o I.R.V. é maior para as estratégias que não consideram o efeito portfólio, tanto para as estratégias dinâmicas quanto para as estáticas. Portanto, obtivemos um *hedge* menos eficiente, sob o ponto de vista da redução de risco, no caso das estratégias que consideram o efeito portfólio. A Tabela 7 mostra, também, o resultado obtido com a estratégia de taxa unitária, que só foi pior que o da estratégia 2\_JM. A estratégia 2\_JM foi a que apresentou melhor desempenho e a estratégia 3 foi a de pior desempenho.

**Tabela 8 – Comparação estatística – para a carteira formada por dólar e libra – da média retornos diários e de suas variâncias, entre as diversas estratégias de *hedge* e a carteira sem *hedge*, entre estratégias com e sem efeito portfólio e entre estratégias dinâmicas e estáticas. Para a diferença de médias é feito um teste z bilateral para amostras emparelhadas e com grau de significância de 1 %. Para a diferença de variâncias é feito um teste F com grau de significância de 1%**

Valor de z para o teste de diferença de médias			Valor de F para o teste de diferença de variâncias		
	valor z	significante <sup>1</sup> ?		valor F	significante <sup>2</sup> ?
<b>Retornos</b>			<b>Retornos</b>		
Carteira sem hedge comparada com:			Carteira sem hedge comparada com:		
Estratégia 1_JM	2,12675	não	Estratégia 1_JM	5,56	sim
Estratégia 1_EWMA	2,09137	não	Estratégia 1_EWMA	5,36	sim
Estratégia 2_JM	2,22217	não	Estratégia 2_JM	5,67	sim
Estratégia 2_EWMA	2,20102	não	Estratégia 2_EWMA	5,57	sim
Estratégia 3	2,3865	não	Estratégia 3	4,43	sim
Estratégia 4	2,24647	não	Estratégia 4	5,46	sim
Taxa unitária	2,24135	não	Taxa unitária	5,62	
Efeito carteira			Efeito carteira		
Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	1,4066	não	Estratégia 1_JM x Estratégia 2_JM	1,02	sim
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	1,09558	não	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 2_EWMA	1,04	sim
Estratégia 3 x Estratégia 4	-0,8697	não	Estratégia 3 x Estratégia 4	1,23	sim
Hedge dinâmico x Hedge estático			Hedge dinâmico x Hedge estático		
Estratégia 1_JM x Estratégia 3	1,94212	não	Estratégia 1_JM x Estratégia 3	1,25	sim
Estratégia 1_EWMA x Estratégia 3	1,69266	não	Estratégia 1_EWMA x Estratégia 3	1,21	sim
Estratégia 2_JM x Estratégia 4	1,67023	não	Estratégia 2_JM x Estratégia 4	1,04	sim
Estratégia 2_EWMA x Estratégia 4	1,25276	não	Estratégia 2_EWMA x Estratégia 4	1,02	sim

Notas:

<sup>1</sup> Grau de significância de 1%, em um teste-z bilateral para diferença de médias (emparelhadas).

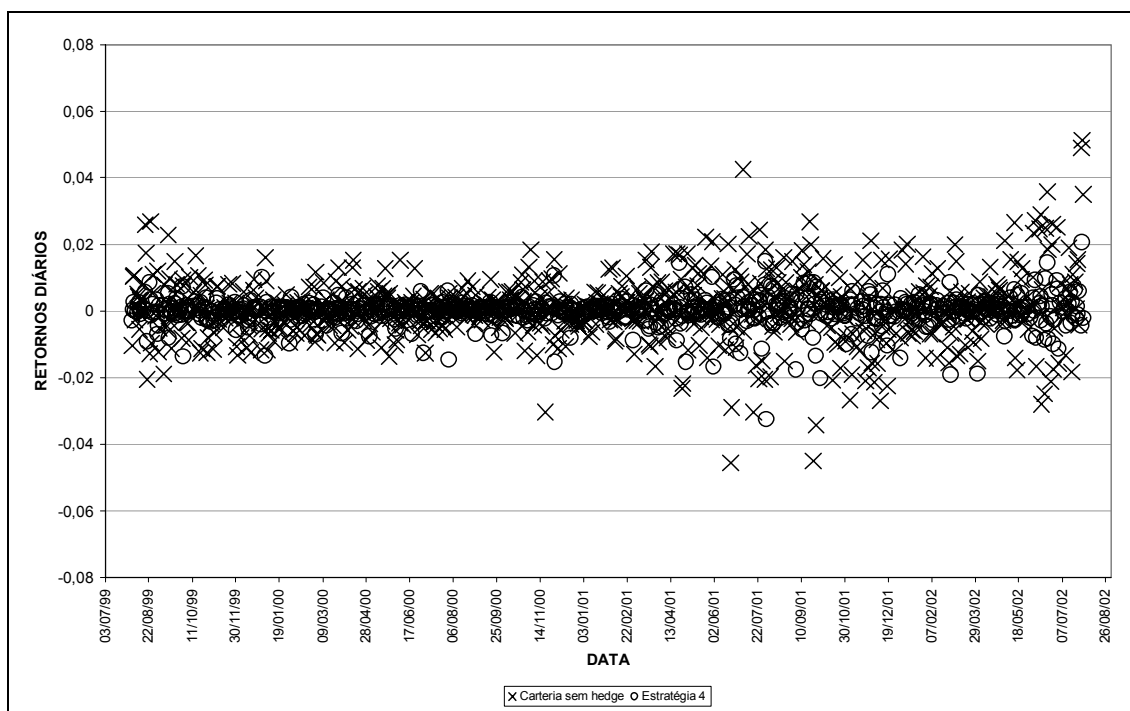
<sup>2</sup> Grau de significância de 1% em um teste F para diferença de variâncias.

Observando o lado direito da Tabela 8 vemos que, em todas as comparações realizadas, foram confirmadas estatisticamente as diferenças de variâncias observadas. Isto confirma, também, as diferenças observadas no I.R.V., que é função da variância.

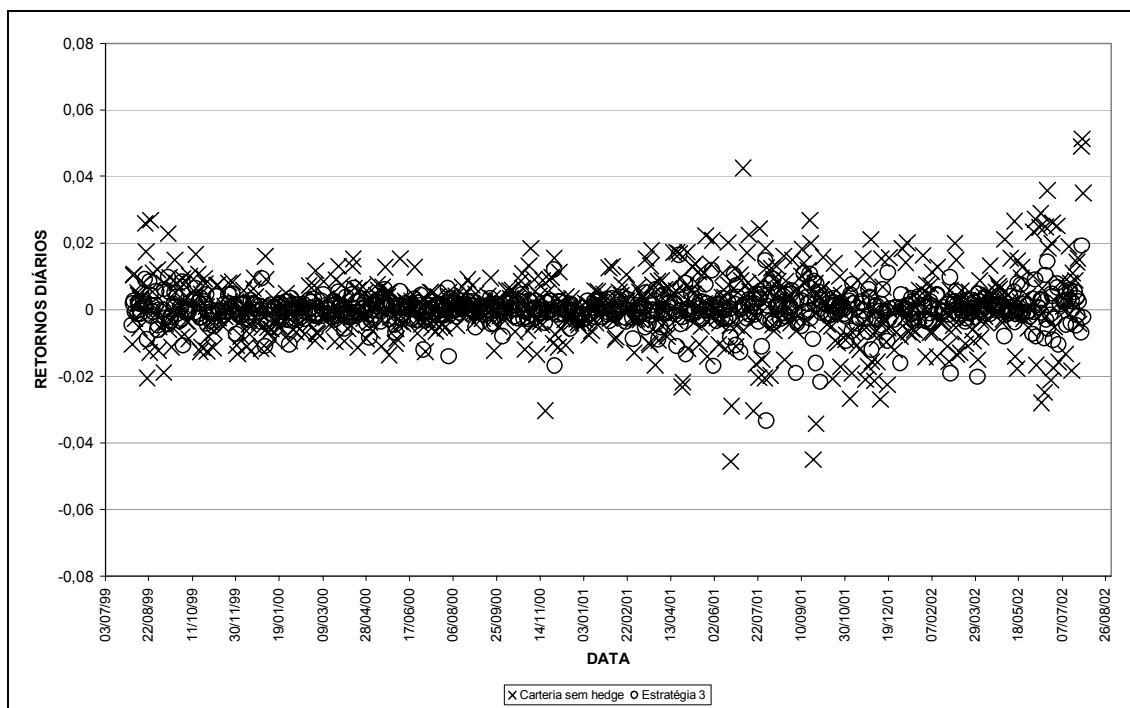
O Gráfico 14 mostra os retornos realizados para a melhor estratégia e para a carteira sem *hedge*, enquanto o Gráfico 15 mostra os retornos realizados para a pior estratégia e para a carteira sem *hedge*. Visualmente os resultados são bastante parecidos. Podemos observar uma redução da variância dos retornos nas estratégias com *hedge* quando comparadas à carteira sem *hedge* e que as médias dos retornos parecem estar próximas de zero.



**Gráfico 14 – Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem *hedge* e para a estratégia de *hedge* mais eficiente – estratégia 2\_JM – para a carteira composta por dólar e libra inglesa**



**Gráfico 15 - Retornos diários realizados, no período de teste, para a carteira sem *hedge* e para a estratégia de *hedge* menos eficiente – estratégia 3 – para a carteira composta por dólar e libra inglesa**



### **Estratégias dinâmicas x Estratégias estáticas**

A Tabela 7 mostra que, tanto para as estratégias que consideram o efeito portfólio quanto para as que não o consideram, foi observado um incremento no I.R.V. pela utilização de estratégias dinâmicas, quando foi observado também um aumento das médias. A diferença no índice é confirmada estatisticamente, enquanto a diferença nas médias não pôde ser confirmada – Tabela 8.

Entretanto, o aumento no I.R.V. ao passarmos da estratégia estática para a dinâmica foi maior no caso das estratégias colocadas no lado esquerdo da tabela – que consideram o efeito portfólio – o que reforça a idéia de que as estratégias dinâmicas seriam tanto mais importantes quanto mais instáveis fossem as relações consideradas no cálculo das taxas de *hedge*, como no caso das correlações entre diferentes moedas/futuros, estimadas nas estratégias que consideram o efeito carteira.

### **4.3 Comparação dos resultados obtidos para as duas carteiras de moedas**

A comparação dos resultados será disposta como nas seções anteriores, com a avaliação, separadamente, do efeito portfólio e da possibilidade de se conseguir um *hedge* mais eficiente através de estratégias dinâmicas.

## Avaliação do efeito portfólio

Quanto ao comportamento das médias das taxas de *hedge* para cada moeda das carteiras não observamos nenhum padrão, já que, ao considerar o efeito portfólio, em alguns casos a taxa aumenta e em outros diminui. Entretanto, ao analisar a soma das taxas de *hedge* para as duas moedas observamos uma redução para as estratégias dinâmicas e um aumento para as estratégias estáticas ao considerar o efeito portfólio, nas duas carteiras analisadas.

Ao comparar a variabilidade das taxas – apenas para as estratégias dinâmicas – observamos um aumento do desvio padrão para as taxas de *hedge* individuais e para a soma das taxas nas estratégias que consideram o efeito portfólio.

Também observamos que, para as duas carteiras, a variância da soma das taxas de *hedge* para a carteira (VSTH) é menor que a soma das variâncias das taxas de *hedge* para cada moeda da cesta individualmente (SVTH)<sup>32</sup> para as estratégias que consideram o efeito carteira, ocorrendo o contrário nas estratégias que não o consideram. Isso poderia ser resultado de dinâmicas diferentes das taxas de *hedge*, onde aumentos na taxa de *hedge* de uma moeda tenderiam a ser compensados por reduções na taxa da outra moeda, nas estratégias com efeito carteira, ou seguidos por aumentos na taxa da outra

---

<sup>32</sup> Em duas distribuições normais correlacionadas a variância da soma seria igual a soma das variâncias mais duas vezes a covariância, ponderada pela composição da carteira.

moeda, nas estratégias sem efeito carteira. No primeiro caso teríamos correlação negativa entre as taxas das duas moedas, enquanto no segundo a correlação seria positiva. Vale ressaltar que estas observações não foram verificadas estatisticamente.

Quanto à eficiência do *hedge*, observamos, para as duas carteiras, um I.R.V. maior para as estratégias que não consideram o efeito portfólio, tanto para as estratégias dinâmicas quanto para as estáticas. Portanto, obtivemos um *hedge* menos eficiente, sob o ponto de vista da redução de risco, no caso das estratégias que consideram o efeito portfólio.

Para as duas carteiras a pior estratégia foi a estratégia 3 – estática e que considera o efeito carteira. Isso pode ser consequência da escolha de um período inicial pouco representativo para a estimativa das taxas de *hedge* ou da elevada instabilidade de pelo menos uma das covariâncias, estimadas inicialmente, utilizadas apenas no cálculo da taxa de *hedge* para as estratégias que consideram o efeito portfólio.

Observamos também, para as duas carteiras, indícios de que as médias dos retornos diários sejam maiores para as estratégias dinâmicas que consideram o efeito portfólio, quando comparadas com as que não o consideram.

### **Estratégias dinâmicas x Estratégias estáticas**

Tanto para as estratégias que consideram o efeito portfólio quanto para as que não o consideram, foi observado um incremento no I.R.V. pela utilização de estratégias dinâmicas, exceto para a carteira composta por dólar e iene para nas estratégias que não consideram o efeito portfólio.

Para as duas carteiras e para as estratégias com e sem o efeito portfólio observamos indícios de aumento na média dos retornos diários para as estratégias dinâmicas.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo deste trabalho foi comparar diferentes estratégias de *hedge* para uma carteira de moedas, considerando que o *hedger* está situado no Brasil. Foi avaliado se o efeito portfólio pode levar a ganhos de eficiência (redução da variância dos retornos) em estratégias de *hedge* dinâmicas e estáticas e se o *hedge* dinâmico pode levar a ganhos de eficiência quando comparado ao estático, para estratégias com e sem efeito portfólio.

Não foram considerados custos de transação nem o efeito do tamanho dos contratos futuros disponíveis, pois consideramos que os contratos seriam perfeitamente divisíveis. Estas duas premissas são perfeitamente aceitáveis em uma análise inicial e para a comparação de diferentes estratégias de *hedge*, todas com as mesmas premissas, sendo utilizada em todos os estudos de comparação de estratégias citados na segunda seção da revisão bibliográfica.

Foram analisadas duas carteiras, uma formada por dólar americano e iene japonês e outra por dólar americano e libra inglesa no período de 02/08/1999 até 31/07/2002. Foram utilizadas as cotações de fechamento dos contratos futuros com vencimento mais próximo da Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&F), para o dólar americano, e da *Chicago Mercantile Exchange* (CME), para o iene japonês e a libra inglesa. Foi montado um futuro sintético, utilizando a BM&F e a CME, no caso da libra e do iene, utilizando metodologia descrita por Broll *et al* (1999).

Embora a metodologia para cálculo das taxas de *hedge* para uma carteira de *commodities* utilizando o mercado futuro e considerando o efeito portfólio seja bem conhecida e descrita, por exemplo, em Duffie (1989, p. 201-277), Lypny (1988) ou Gagnon *et al* (1998), poucos estudos com o objetivo de avaliar o efeito portfólio foram encontrados na literatura consultada. Curiosamente, a maioria dos estudos encontrados se limitam a comparar estratégias de *hedge* dinâmicas com estáticas ou diferentes metodologias para estimativa da taxa de *hedge*, variando os modelos estatísticos utilizados para estimativa das covariâncias<sup>33</sup>. Dessa forma, os excelentes resultados encontrados por Gagnon *et al* (1998) ao estudar o efeito portfólio foram motivadores deste estudo.

Os resultados de Gagnon *et al* (1998) mostram a possibilidade de se conseguir ganhos de eficiência no *hedge* quando se considera o efeito portfólio e quando se utiliza estratégias dinâmicas. Além disso, as posições diárias no mercado futuro no caso do *hedge* com efeito portfólio foram consideravelmente menores que no caso sem efeito portfólio, embora a variância<sup>34</sup> diária das posições também tenha apresentado aumento significativo.

Entretanto, neste trabalho, tanto para a carteira formada por dólar e iene quanto para a carteira formada por dólar e libra, no período de análise estudado as estratégias que consideraram o efeito portfólio apresentaram

---

<sup>33</sup> Necessárias para estimativa da taxa de *hedge*.

<sup>34</sup> Nas estratégias dinâmicas.

desempenho, medido pelo índice de redução de variância (I.R.V.), inferior às estratégias que não o consideraram.

Além disso, para as estratégias que consideraram o efeito portfólio, não foi observada uma redução significativa das posições médias no mercado futuro e observou-se uma maior variabilidade<sup>35</sup> das taxas de *hedge* diárias.

Portanto, além de não terem apresentado melhor desempenho, as estratégias dinâmicas com efeito portfólio possivelmente teriam levado a custos de transação mais elevados. Entretanto, vale lembrar que estas estratégias apresentaram médias dos retornos diários superiores – não confirmadas, para o grau de significância utilizado, nos testes estatísticos – às das estratégias dinâmicas sem efeito portfólio, e que este fato não foi captado pela medida de eficiência aqui adotada, o I.R.V..

Para as duas carteiras observadas a pior estratégia, pelo I.R.V., foi a estratégia 3 – estática e que considera o efeito carteira. Isso pode ter sido consequência da escolha de um período inicial pouco representativo para a estimativa das taxas de *hedge* ou da elevada instabilidade de pelo menos uma das covariâncias estimadas inicialmente e utilizadas apenas no cálculo da taxa de *hedge* das estratégias com efeito portfólio.

Na comparação das estratégias dinâmicas com as estáticas, tanto para os casos em que se considerou o efeito portfólio quanto para os em que não



se considerou, foi observado um incremento no I.R.V. pela utilização de estratégias dinâmicas, exceto para a carteira composta por dólar e iene para as estratégias que não consideraram o efeito portfólio. Para as duas carteiras e para as estratégias com e sem o efeito portfólio foi observado um aumento – não confirmado, para o grau de significância utilizado, nos testes estatísticos – das médias dos retornos diários para as estratégias dinâmicas.

Portanto, sem considerarmos custos de transação nem a limitação de tamanho dos contratos<sup>36</sup>, encontramos indícios de que o *hedge* dinâmico seja mais eficiente que o *hedge* estático.

Frente à grande diferença entre os resultados da avaliação do efeito portfólio aqui apresentados e os obtidos por Gagnon *et al* (1998), poderíamos buscar uma explicação em características específicas distintas dos mercados considerados. Basicamente no comportamento das três moedas<sup>37</sup> – por carteira – envolvidas nos estudos.

No caso brasileiro, o *hedge* é feito em reais e a carteira composta por duas moedas fortes, enquanto em Gagnon *et al* (1998) o *hedge* é feito em dólares e a carteira composta por outras duas moedas fortes.

É razoável imaginar que o efeito portfólio seria mais importante no caso onde estivéssemos trabalhando com três moedas fortes, pois poderíamos

---

<sup>35</sup> No caso das estratégias dinâmicas.

<sup>36</sup> Que limita a possibilidade de ajuste das posições no mercado futuro.

esperar que as cotações das duas moedas da carteira se comportassem de forma mais aleatória, inclusive com possíveis períodos de correlações negativas que, provavelmente, permitiriam uma redução nas posições no mercado futuro sem prejuízo da eficiência do *hedge*.

No caso deste estudo<sup>38</sup>, seria difícil imaginar que as cotações de duas moedas fortes, em reais, apresentassem tendências distintas – correlações negativas – sendo, em geral, os movimentos dos preços no mesmo sentido e fruto da volatilidade da moeda brasileira no mercado internacional.

Assim, no primeiro caso, provavelmente o *hedger* poderia se beneficiar com posições reduzidas no mercado futuro, enquanto no segundo não. Vale ressaltar que esta observação não está fundamentada em nenhum estudo passado e que não foi feita, neste trabalho, uma análise exaustiva da influência do comportamento do preço das *commodities* nas taxas de *hedge* ou na eficiência de cada estratégia. Portanto, constitui apenas especulação, com o objetivo de estimular a discussão sobre o assunto ou incentivar futuros estudos neste campo.

Dessa forma, uma sugestão para estudos futuros seria a realização de uma análise investigativa dos modelos de *hedge*, procurando identificar situações onde o efeito carteira pudesse trazer benefícios, seja em redução de risco ou no tamanho das posições no mercado futuro.

---

<sup>37</sup> A moeda do mercado local, em que é feita o *hedge*, e as duas moedas que compõe a carteira.

Identificadas tais condições, seria possível deixar de lado a visão passiva<sup>39</sup> adotada nos estudos que avaliam o *hedge* e procurar adotar uma visão mais ativa, onde a empresa poderia direcionar seus fluxos de acordo com as vantagens que esperasse obter com o *hedge*. Assim, passaríamos a investigar se uma empresa que tivesse a opção<sup>40</sup> de direcionar seus fluxos em moeda estrangeira, com base nas facilidades e vantagens que esperasse obter para o *hedge* de seus fluxos futuros, conseguiria efetivamente tirar proveito dessas vantagens.

Outra diferença entre o estudo de Gagnon *et al* (1998) e este é a metodologia utilizada para o cálculo da matriz de covariâncias. Gagnon *et al* (1998) utilizou uma metodologia GARCH multivariada, muito mais sofisticada e complexa que a utilizada neste estudo. Frente à importância da estimativa da matriz de covariâncias no cálculo da taxa de *hedge*, especialmente no caso em que se considera o efeito portfólio, outra sugestão seria a utilização de metodologias mais sofisticadas em estudos semelhantes a este.

Ainda quanto à metodologia, possíveis melhorias seriam a avaliação do *hedge* por função utilidade, já que observamos indícios de retornos maiores

---

<sup>38</sup> Ou em qualquer outro caso onde o *hedge* seja feito em moeda fraca.

<sup>39</sup> A maioria dos estudos avalia para uma determinada carteira, mas sem entrar no mérito da escolha da carteira, diferentes estratégias de *hedge*.

<sup>40</sup> Frequentemente, pelo menos nos casos de emissão de dívida no mercado internacional, essa opção cabe ao emissor. No caso de fluxos provenientes de comércio internacional nem sempre a opção é tão clara, pois pode depender do desenvolvimento de novos mercados e/ou adaptações operacionais.

para as estratégias com efeito portfólio, que se refletiriam na utilidade mas não são captados pelo I.R.V..

Em estudos futuros poderia ser aproveitado, inclusive, o esperado desenvolvimento e um histórico de preços mais longo para o mercado de euro na BM&F para utilizar esta moeda na composição da carteira.

Além disso, como não existe qualquer motivo para que uma empresa adote estratégias puramente estáticas ou dinâmicas, levando em consideração ou não o efeito portfólio, seria interessante que se buscasse montar estratégias mistas, comparando-as com as tradicionalmente estudadas.

## 6 BIBLIOGRAFIA

BOLLERSLEV, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. **Journal of Econometrics**, n. 31, p. 307-327, 1986.

BOUDOUKH, J.; RICHARDSON, M.; WHITELOW, R. F. Investigation of a Class of Volatility Estimators. **The Journal of Derivatives**, New York, p. 63-71, spring 1997.

BROLL, U. Cross-hedging in Currency Forward Market: a Note. **The Journal of Futures Markets**, New York, v.17, n. 4, p. 475-482, 1997.

BROLL, U.; WONG K.P. Hedging with Mismatched Currencies. **The Journal of Futures Markets**, New York, v. 19, n. 8, p. 859-875, 1999.

DEMARZO, P. An Extension of the Modigliani-Miller Theorem to Stochastic Economies with Incomplete Markets and Interdependent Securities. **Journal of Economic Theory**, n.45, p. 353-369, 1988.

DUFFIE, D. **Futures Markets**. New Jersey: Prentice-Hall, 1989. 415p.

DUFFIE, D.; PAN, J. An overview of Value at Risk. **The Journal of Derivatives**, New York, spring 1997.

ENGLE, R.F.; KRONER, K.F. Multivariate simultaneous generalized ARCH. **Econometric Theory**, 1994.

FERGUSON, R.; LEISTIKOW, D. Are Regression Approach Futures *Hedge Ratios* Stationary?. **The Journal of Futures Markets**, v. 18, n. 7, p.851-866, 1998.

FROOT, K.A.; SCHARFSTEIN, D.S.; STEIN, J.C. Risk Management: Coordinating Corporate Investment and Financing Policies. **The Journal of Finance**, v.48, n.5, p. 1629-1658, december 1993.

GAGNON, L.; LYPNY G.J.; MCCURDY, T.H. Hedging Foreign Currency Portfolios. **Journal of Empirical Finance**, n.5, p. 197-220, 1998.

GÉCZY C.; MINTON B.A.; SCHRAND C. Why Firms Use Currency Derivatives. **The Journal of Finance**, v. 52, n. 4, p. 1323-1354, september 1997.

GRAMMATICOS T.; SAUNDERS A. Stability and the Hedging Performance of Foreign Currency Futures. **The Journal of Futures Markets**, v. 3, n. 3, p. 295-305, 1983.

HULL, J. C. **Options, futures & Other Derivatives**. New Jersey: Prentice Hall, 4. ed., 1999. 698p.

J.P. MORGAN BANK. **RiskMetrics™ Technical Manual**. New York: J.P. Morgan Bank, 1996. 284p.

LESSARD, DON. Global Competition and Corporate Finance in the 1990s. **Continental Bank Journal of Applied Corporate Finance**, v.1, p.59-72, 1990.

LYPNY, G.J. Hedging foreign exchange risk with currency futures: portfolio effect. **The Journal of Futures Markets**, v.8, n.6, p.703-715, 1988

MALLIARIS, A.G.; URRUTIA, J. Test of Random Walk of *Hedge* Ratios and Measures of Hedging Effectiveness for Stock Indexes and Foreign Currencies. **The Journal of Futures Markets**, v. 11, n. 1, p.55-68, 1991.

MALZ, A. M. Do Implied Volatilities Provide Early Warning of Market Stress?. **The RiskMetrics™ Group Working Paper**, n. 00-01, april 2000.

MCCLAVE, J. T.; BENSON, P.G.; SINCICH, T. **Statistics for Business and Economics**. New Jersey: Prentice Hall, 7.ed, 1998.

MYERS R.J. Estimating Time-Varying Optimal *Hedge* Ratios on Futures Markets. **The Journal of Futures Markets**, v.11, n.1, p.39-53, 1991.

NANCE, D.R.; SMITH, C.W.; SMITHSON, C.W. On the Determinants of Corporate Hedging. **The Journal of Finance**, v.48, n.1, p. 267-284, march 1993.

SEELAJAROEN, R. *Hedge Ratios and Hedging Effectiveness of the SPI Futures Contract*. **Working Paper Series in Finance 00-99**, Department of Commerce of The Australian National University, 2000.

SMITH, C.W. Corporate Risk Management: Theory and Practice. **The Journal of Derivatives**, New York, p.21-30, summer 1995.

SMITH, C.W., STULZ R.M. The Determinants of Firms' Hedging Policies. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v.20, n.4, p.391-405, december 1985.

SANTANDER CENTRAL HISPANO INVESTMENT SECURITIES INC. **Strictly Macro Emerging Markets Economics Research**, june 2002.