



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Economia

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DE NEGÓCIOS

**ANÁLISE DAS CAPTAÇÕES E APLICAÇÕES DE
RECURSOS DO EXTERIOR POR INSTITUIÇÕES
FINANCEIRAS NO BRASIL**

CONSTITUIÇÃO DE *HEDGE* PARA MITIGAÇÃO DO RISCO CAMBIAL

MARCOS ROBERTO MIORIM JORGE

Brasília – DF
2006



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Economia

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DE NEGÓCIOS

**ANÁLISE DAS CAPTAÇÕES E APLICAÇÕES DE
RECURSOS DO EXTERIOR POR INSTITUIÇÕES
FINANCEIRAS NO BRASIL**

CONSTITUIÇÃO DE *HEDGE* PARA MITIGAÇÃO DO RISCO CAMBIAL

MARCOS ROBERTO MIORIM JOGE

Orientador: Prof. Doutor Tarcísio Barroso da Graça

Dissertação apresentada à Universidade de Brasília,
Departamento de Economia, para obtenção do título
de Mestre em Gestão Econômica de Negócios.

Brasília – DF
2006

Marcos Roberto Miorim Jorge

**ANÁLISE DAS CAPTAÇÕES E APLICAÇÕES DE
RECURSOS DO EXTERIOR POR INSTITUIÇÕES
FINANCEIRAS NO BRASIL**

CONSTITUIÇÃO DE *HEDGE* PARA MITIGAÇÃO DO RISCO CAMBIAL

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão Econômica de Negócios do Programa de Pós-Graduação em Economia - Departamento de Economia da Universidade de Brasília.

Comissão Examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Tarcísio Barroso da Graça
Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Mendes Pereira
Banca

Prof. Dr. Paulo Cesar Coutinho
Banca

Brasília, dezembro de 2006.

**Ao meu pai, pelo apoio, suporte, carinho e
exemplo de vida, força e dedicação.**

À Giovanna, pelo incentivo e paciência.

AGRADECIMENTOS

Ao final deste mestrado que me proporcionou a oportunidade de produzir esta dissertação, tenho muito a agradecer. Muitas foram as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Exalto a importância de todos aqueles que compartilharam a minha jornada e agradeço aos que inevitavelmente não serão citados.

Ao meu orientador Professor Doutor Tarcísio Barroso da Graça, por sua disposição e paciência, bem como pelas valiosas contribuições acadêmicas, sem as quais este trabalho seria menos expressivo.

A todos os professores que, ao longo desses dois anos, se fizeram presentes em minha formação.

A toda minha família e aos meus amigos, pelo apoio, paciência e compreensão durante os momentos de ausência, estresse e angústia vividos durante o desenvolvimento deste trabalho. De forma especial agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional e fé em mim depositada e ao amigo Clayton pela colaboração imprescindível à conclusão deste trabalho.

Agradeço especialmente a minha esposa Giovanna, por me apoiar nos momentos de angústia com serenidade e carinho, sempre com a certeza de que eu conseguiria, mesmo nos momentos em que nem mesmo eu acreditava.

RESUMO

A busca do lucro com a “venda” de dinheiro é o objetivo final das Instituições Financeiras, o processo se inicia na concessão de empréstimos e financiamentos a pessoas físicas ou jurídicas. O lucro auferido com essas concessões é o chamado *spread*. Como todas as empresas comerciais as Instituições Financeiras buscam o aumento dos seus lucros visando sempre a maximização dos *spreads*. As Instituições Financeiras também estão sujeitas a fatores externos que podem interferir em suas pretensões de lucro, como a concorrência e a necessidade de atender a clientes cada vez mais exigentes e esclarecidos, mas diferentemente de outras empresas, as Instituições Financeiras desempenham um papel social cada vez mais importante sendo responsáveis pelo fomento a empresas de outros ramos, tendo a missão de viabilizar o crescimento e desenvolvimento do país.

Diante do exposto, esse trabalho buscará descrever uma das alternativas que viabilizam o oferecimento de empréstimos e financiamentos às pessoas jurídicas, os repasses de recursos captados no exterior, uma modalidade de operação de empréstimo que conta com incentivos do governo através do órgão regulador (Bacen), uma vez que a captação de recursos externos demonstra a intenção dos investidores estrangeiros manterem capitais no país, não apenas de modo especulativo, mas também promovendo investimentos no mercado produtivo com vantagens e diferenciais para as Instituições Financeiras e empresas tomadoras dos recursos.

A intenção deste trabalho não é esgotar o assunto sobre mitigação de Risco Cambial com a utilização de mecanismos de *hedge*, mas sim buscar uma forma prática de utilizar os conceitos citados na gestão das carteiras de captação e aplicação de recursos do exterior das

Instituições Financeiras baseadas no país, de forma a possibilitar um aumento nos *spreads* e/ou uma diminuição na taxa final de juros oferecida ao mercado.

PALAVRAS-CHAVE:

Captações e Aplicações de Recursos Externos, Mitigação de Riscos, *Spread*, *Hedge*.

ABSTRACT

Making a profit by “selling” money is the primary purpose for Financial Institutions – the process is started when finances and loans are taken out by natural persons or legal entities. The profit made with these grants is the spread, as it is called. Like all the companies, Financial Institutions search for a rise in their profits, always working for the maximization of the spreads. Financial Institutions are also subject to external factors that can interfere in their intention, such as competition and the necessity to deal with clients that are more and more demanding and informed; however, different from other companies, Financial Institutions perform a more and more important social function, being responsible for fomenting companies in other fields, with a mission to establish the viability of the growth and development of the country.

Considering such ideas, this work intends to describe one of the alternatives that facilitate offers of loans and finances to legal entities, the distribution of resources from abroad, a type of loan operation that counts on the government’s support through a controlling entity (BACEN), since the resource collection demonstrates the foreign investors’ intention to keep capital in the country, not only for speculation, but also for promoting investment in the productive market with advantages and differentials for Financial Institutions and borrower companies.

The aim here is not exhausting the subject about the mitigation of risks in exchange rate by using mechanisms of hedge, but looking for a practical way to use the concepts quoted in the administration of the foreign resource collection and application departments

in Financial Institutions in the country, a way of making possible a raise in the spreads and/or a drop in the final interest rate offered in the market.

KEY WORDS:

Foreign resource collection and application, risk mitigation, spread, hedge.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Captações externas da Instituição Financeira.....	18
Gráfico 2	Risco Brasil.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Evolução do Risco-Brasil.....	23
Tabela 2	Percentuais de provisão por nível de risco de crédito.....	29
Tabela 3	Captações externas em US\$.....	81
Tabela 4	Captações externas em R\$.....	82
Tabela 5	Aplicações de recursos externos em US\$.....	83
Tabela 6	Percentual das captações externas aplicados em operações de repasse, em US\$.....	83
Tabela 7	Estatísticas descritivas das séries de retornos das taxas de câmbio.....	88
Tabela 8	Testes da raiz unitária (ADF).....	89
Tabela 9	Teste de cointegração entre as séries logarítmicas de taxas de câmbio.....	90
Tabela 10	Resultado da carteira de <i>hedge</i> . $b = 1$ e b estimado.....	91
Tabela 11	Resultado da carteira de aplicações.....	92
Tabela 12	Resultado da carteira de aplicações considerando $b=1$	92
Tabela 13	Resultado da carteira de aplicações considerando b estimado.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF	Augmented Dickey Fuller
AR	Auto-regressivo
ARCH	Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
ARCH-LM	Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
BACEN	Banco Central do Brasil
BM&F	Bolsa de Mercadorias e Futuros
DSP	Differencing-Stationary Process
EMBI+	<i>Emerging Markets Bond Index Plus</i>
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
GARCH-M	GARCH in Mean
IF	Instituição Financeira
IOF	Imposto sobre operações financeiras
MCE	Modelo de Correção de Erros
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
PCLD	Provisão Para Créditos de Liquidação Duvidosa
TSP	Trend-Stationary Process
UV	Unidade de Valor
VaR	Valor em risco (<i>value at risk</i>)
VAR	Vetores Auto-regressivos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
1 RECURSOS CAPTADOS NO EXTERIOR.....	21
1.1 Políticas cambiais	21
1.2 Formas de captação externa de recursos.....	22
1.3 Formas de aplicação de recursos externos.....	25
2 TIPOS DE RISCO E MODELOS DE HEDGE.....	26
2.1 Conceito de risco cambial (<i>currency risk</i>).....	35
2.1.1 Modelos de cálculo da exigência de capital para risco cambial	38
2.1.1.1 Modelo BACEN	38
2.1.1.2 Modelo do Comitê de Basileia	40
2.2 Apresentação de modelos teóricos de <i>hedge</i>	40
2.2.1 Modelo de proteção integral	41
2.2.2 A exposição total	44
2.2.3 Modelo convencional	46
2.2.4 Modelo de correção de erros	51
2.2.5 Modelo de correção de erros e GARCH	52
2.2.6 Considerações sobre os modelos	57

3 ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS	59
3.1 Principais conceitos	59
3.1.1 A estacionaridade	60
3.1.2 A cointegração	64
3.1.3 A Heteroscedasticidade	68
4 ANÁLISE DA BASE DE DADOS.....	73
4.1 Método e técnica de pesquisa	73
4.2 Unidades de análise	73
4.3 Instrumentos de pesquisa.....	74
4.4 Delineamento da pesquisa	75
4.4.1 Procedimentos de amostragem	75
4.4.2 Descrição e ajustes das bases de dados	75
4.4.3 O tamanho da exposição cambial	76
4.4.4 Procedimentos preliminares	77
4.4.5 Estatísticas descritivas e testes de raiz unitária, cointegração e hetero	78
4.4.5.1 Teste de raiz unitária.....	78
4.4.5.2 Teste de cointegração	79
4.4.5.3 Teste de heteroscedasticidade.....	79
5 EXECUÇÃO DOS TESTES	81
5.1 Análise das captações externas.....	81
5.2 Análise das aplicações de recursos externos	83
5.3 <i>Hedge</i> , modelo utilizado e proposto	84

5.3.1	Modelo de proteção integral	84
5.3.2	Modelo convencional	84
5.4	Avaliação da eficiência dos modelos.....	87
5.5	Análise dos resultados	88
5.5.1	Análises estatísticas preliminares	88
5.5.1.1	Estatísticas descritivas	88
5.5.1.2	Teste de raiz unitária.....	89
5.5.1.3	Teste de cointegração	89
5.5.2	Análises do resultado do modelo de <i>hedge</i>	90
5.5.3	Influência do modelo proposto na carteira de aplicações da Instituição	91
6	CONCLUSÃO.....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

INTRODUÇÃO

No mercado financeiro internacional, particularmente, no ano de 1974 com a extinção do tratado de *Bretton Woods* de 1944, que entregara o controle da emissão monetária da economia capitalista mundial aos Estados Unidos, nota-se a redução no nível de intervenção governamental de cada país sobre suas moedas, permitindo que a cotação dessas flutuasse mais livremente. No Brasil, o controle governamental sobre a moeda se deu até o início de 1999, quando o governo abandonou definitivamente o regime de bandas cambiais e adotou o regime de câmbio flutuante.

Atualmente as instituições financeiras sediadas no país utilizam-se, de forma acentuada, de captações externas de recursos para efetuar aplicações no mercado interno, dessa forma o aporte de *funding*¹ externo incrementa a concessão de empréstimos às empresas baseadas no Brasil, inclusive com vários incentivos do órgão regulador às captações externas de recursos.

Algumas das principais normas publicadas pelo Banco Central do Brasil com a finalidade de fomentar as captações de recursos externos são elencadas a seguir:

- Resolução 63 de 21/04/67: Dispõe sobre os bancos de investimentos ou de desenvolvimentos privados e os bancos comerciais autorizados a operar em câmbio e contratação direta de recursos no exterior. Esta resolução foi a que regulamentou toda a captação externa de recursos, talvez seja uma das mais antigas no assunto que ainda vigora;
- Circular 2.547 de 10/03/1995: Estabelece prazos mínimos para as renovações ou prorrogações de operações de créditos externos mediante lançamento de títulos no exterior e reduz o imposto de renda sobre as remessas de juros, comissões e despesas;
- Resolução 2.170 de 30/06/95: Faculta a captação de recursos externos para repasses destinados a financiar a construção ou aquisição de imóveis novos para serem destinados a pessoas físicas ou jurídicas com finalidades de financiar a construção ou a aquisição de imóveis novos. Determina também que as operações

¹ Recurso captado por instituição financeira para provimento de sua carteira de aplicações.

desta resolução não estão sujeitas as normas do Sistema Financeiro da Habitação (SFH). De novidade abre um precedente para a transferência obrigatória da variação cambial ao mutuário final, o que até então não era permitido neste tipo de operação;

- Resolução 2.312 de 05/09/96: Destinada aos bancos autorizados a operar com câmbio no país, facultando a captação de recursos no mercado externo destinados a repasses a empresas estrangeiras. Estabelece também prazo mínimo de 180 dias para amortizar a operação externa. Estabelece limite de 200% ao exportador sobre o volume de câmbio contratado e não liquidado e dá outras providências. Os recursos captados no exterior, não estão sujeitos ao prazo que trata a Resolução 2.118 de 19/10/94 e nem ao recolhimento compulsório. Esta resolução foi complementada pela Resolução 2.395 de 25/06/97, que faculta a aplicação dos recursos captados no exterior, quando ainda não empregados nas finalidades prevista, em Notas do Tesouro Nacional, série “D” (NTN-D);
- Resolução 2.483 de 26/03/98: Altera e consolida a regulamentação acerca da captação de recursos no mercado externo para a concessão de empréstimos ou financiamentos a atividades rurais e agro-industriais. Faculta as instituições financeiras a captação de recursos no mercado externo, destinados a empréstimos ou financiamentos de custeio, investimentos e comercialização da produção agropecuária, produtores rurais pessoas físicas e jurídicas e suas cooperativas, cédulas de Produto Rural (CPR), complexos industriais de fertilizantes e defensivos agrícolas e distribuidores e revendedores destes produtos;
- Resolução 2.683 de 29/12/99: Elimina a exigência de prazos mínimos para as operações de empréstimos externos, permitindo maior liberalidade na negociação entre instituições internas e externas quanto ao prazo de pagamento e renegociação das operações de aporte externo, concedendo maior autonomia às instituições para negociar as aplicações em empréstimos internos com seus clientes.
- Resolução 2.770 de 30/08/2000: Alterou e consolidou as normas que disciplinavam as operações de empréstimo entre residentes ou domiciliados no

país e residentes ou domiciliados no exterior. Simplificou os processos necessários para esse tipo de transação. Revogou as resoluções 63, 2.483 e 2.683.

Com o advento da Resolução Bacen 2.770, tornou-se ainda mais atrativa às Instituições Financeiras a captação de recursos no exterior, tendo em vista a simplificação dos processos de aporte e aplicação dos recursos, configurando-se um incentivo à destinação dos recursos para operações de crédito a pessoas físicas ou jurídicas domiciliadas no Brasil. Atualmente é a Resolução 2.770 a principal via de fomento às captações de recursos externos pelas Instituições Financeiras, sendo fator determinante de incentivo a essa prática.

Pelo gráfico abaixo, pode-se notar os efeitos da Resolução 2.770 sobre as captações de recursos externo da Instituição Financeira sob análise, tendo em vista que as captações foram positivamente incentivadas no período imediatamente seguinte à publicação da resolução, mantendo-se em crescimento até 2003, momento em que a Instituição mostra-se capitalizada e diminui as quantidades de aportes externos, porém mantendo-os em nível suficiente para ao atendimento das demandas internas de capital.

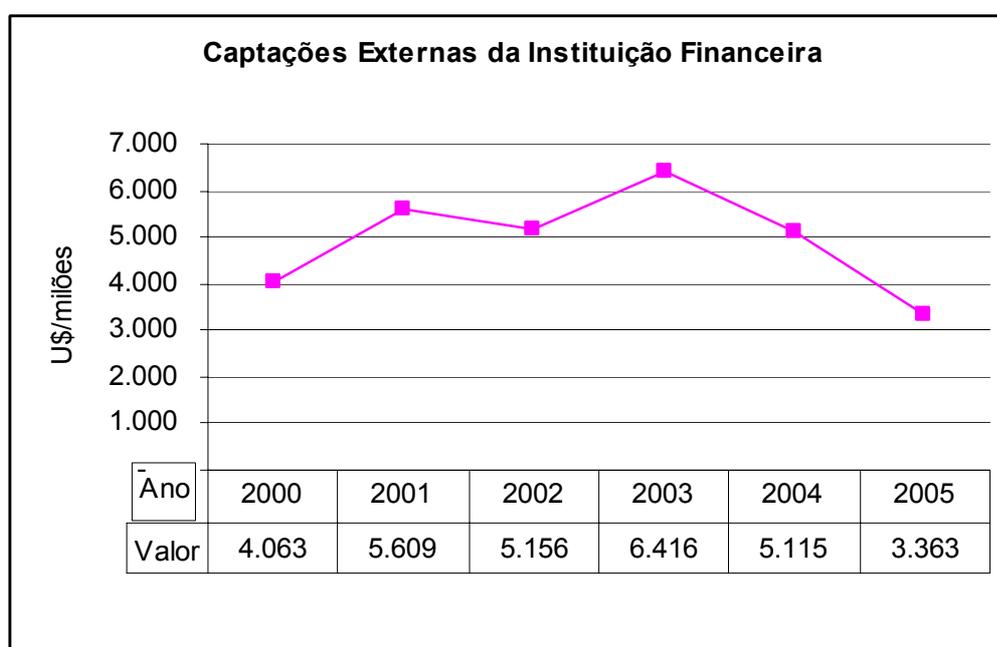


Gráfico 1

A incidência de alíquota zero de IOF para os empréstimos concedidos com recursos externos, conforme o Art. 8º inciso VI do Decreto nº 4.494 de 3/12/2002, também se mostra outro grande fator de incentivo à sua disseminação.

A gestão das carteiras de captações e aplicações dos recursos externos deve levar em consideração fatores pouco afetos às operações efetuadas com *fundings* de origem interna. Fatores de risco diversos daqueles aos quais as Instituições Financeiras se encontram familiarizadas devem ser levados em consideração. Grinblatt e Titman (2002) discriminam três tipos de riscos associados à questão cambial, a saber:

- Risco de transação – relaciona-se ao risco a que uma organização se expõe quando efetua alguma transação comercial (compra ou venda) em moeda estrangeira a prazo;
- Risco de conversão – relaciona-se à conversão de demonstrativos financeiros de subsidiárias no exterior para a moeda local; e
- Risco econômico – relaciona-se a diversos fatores econômicos que podem ter impacto no desempenho de uma organização.

A consolidação das modalidades de risco citadas pode ser resumida, para operações ativas ou passivas, como sendo o Risco Cambial, aquele a que as instituições encontram-se expostas.

Mediante a existência do fator risco, em nosso caso principalmente o cambial, apresenta-se a necessidade da construção e utilização de mecanismos de *hedge*² que busquem diminuir tais riscos.

A utilização de contratos de *swap*³ também pode ser adotada como forma de proteção das posições tanto da instituição financeira quanto do tomador de recursos, contra o risco cambial. O *swap*, basicamente, é um contrato acessório às operações de crédito e pode ser oferecido como complemento da operação de repasse, constitui-se também como um mecanismo de *hedge*.

No decorrer do texto, buscaremos demonstrar as possibilidades de uma gestão financeira viável para possibilitar a mitigação do Risco Cambial das Instituições Financeiras, bem como buscaremos a construção de um modelo alternativo de *hedge* de modo a

² O termo *hedge* diz respeito a uma ação ou decisão que tem por fim reduzir ou controlar alguma espécie de risco.

³ Contrato acessório ao contrato de câmbio, permite a troca de taxas da de câmbio para uma taxa pós fixada, normalmente CDI.

possibilitar um aumento nos *spreads* das instituições e uma diminuição nos custos dos repasses, demonstrando as vantagens para os tomadores internos das modalidades de empréstimos baseados em recursos captados no exterior, primordialmente daqueles advindos da resolução Bacen 2.770.

1 RECURSOS CAPTADOS NO EXTERIOR

A captação de recursos financeiros externos se mostra uma forma atrativa de obtenção de *funding* para as Instituições Financeiras brasileiras.

Com o aumento da confiança dos investidores estrangeiros na política monetária adotada no Brasil, como se pode notar pelas sucessivas diminuições da classificação do Risco-Brasil (tabela 1), o capital estrangeiro encontra-se cada vez mais barato e disponível para o Governo e Instituições Financeiras baseadas no Brasil.

Veremos, a seguir, fatores como, política cambial, formas de captação e formas de aplicação dos recursos externos, uma vez que as variáveis citadas influenciam diretamente no “apetite” das Instituições Financeiras constituírem seus passivos em moedas estrangeiras.

1.1 Políticas cambiais

Conforme definição do Dicionário de Termos Econômicos da UNB, disponível em <http://www.unb.br/face/eco/inteco/dicionarioc.htm>:

“Política cambial é o instrumento da política de relações comerciais e financeiras entre um país e o conjunto dos demais países. Os termos em que se expressa a política cambial refletem as relações políticas vigentes entre os países, com base no desenvolvimento econômico alcançado por eles.”

A adoção no Brasil, desde 1999 do regime de câmbio flutuante, demonstra o direcionamento da política cambial brasileira, uma vez que, conforme definição do Dicionário de Termos Econômicos da UNB:

“Câmbio flutuante: É o sistema em que as operações de compra e venda de moedas funcionam sem controle sistemático do governo. Neste caso, o valor das moedas estrangeiras flutua de acordo com o interesse e com a oferta e a procura no mercado. (É o mercado através do qual saem as remessas de lucros das multinacionais para o exterior. O câmbio flutuante também inclui operações de empréstimos e o comércio de jóias e pedras preciosas).”

Exercendo o controle do mercado de câmbio de forma a aumentar a oferta, vendendo moeda estrangeira, ou aumentar a procura, comprando a moeda, o Bacen permite que o mercado se regule chegando próximo ao sistema de concorrência perfeita, deixando clara e definida a política cambial nacional.

Outras definições importantes para o entendimento da política cambial, ainda segundo a definição do Dicionário de Termos Econômicos da UNB, seriam:

“Câmbio Comercial: É a cotação do dólar usada para o fechamento dos contratos de exportação e importação. O câmbio comercial também registra as operações de empréstimos de empresas no exterior, investimentos estrangeiros diretos, as entradas e saídas dos investimentos estrangeiros em renda fixa e nas bolsas de valores.

Câmbio Fixo: É um sistema de câmbio em que o Banco Central de um país estabelece um valor fixo para a paridade entre a moeda local e o dólar. Esse sistema funciona na Argentina e em Hong Kong.

Câmbio Paralelo: É o mercado que existe quando o país não tem uma política de câmbio 100% livre.”

1.2 Formas de captações externas de recursos

As captações realizadas pelas Instituições Financeiras são efetuadas basicamente de quatro formas, citadas a seguir:

- Recursos de pessoas físicas residentes no exterior – Atualmente os brasileiros residentes no Japão são a maior fonte de aporte de recursos dessa modalidade, os depósitos em contas das filiais japonesas da Instituição Financeira sob análise configuram aproximadamente 25% dos recursos externos aportados por ela;
- Recursos de pessoas Jurídicas baseadas ou com filiais no exterior – Esses tipos de aportes correspondem a mais 25% dos recursos internalizados no país, sendo provenientes de empresas estrangeiras com filiais no país ou de empresas baseadas no país com filiais no exterior;
- Depósitos interbancários – As Transferências de recursos entre instituições externas, sejam associadas àquelas baseadas no país ou filiais de Instituições Financeiras

nacionais, representam a origem de mais 25% dos recursos; e

- Emissões de títulos no exterior – As emissões respondem pelos 25% restantes dos recursos captados no exterior e demonstram diretamente a intenção de investidores estrangeiros aplicarem no país de forma não especulativa, fato diretamente ligado à confiabilidade da política econômica nacional perante o mercado investidor internacional.

Em relação à última origem de recursos citada acima consideramos que com a diminuição do Risco-Brasil (tabela 1), os investidores internacionais se mostram mais atraídos ao investimento no país, facilitando assim os aportes de capitais extenos.

Segundo definição da Gerência Executiva de Relacionamento com Investidores (Gerin) do Banco Central do Brasil:

“O risco-Brasil é um indicador que busca expressar, de forma objetiva, o risco a que investidores estrangeiros estão submetidos quando investem no País. No mercado, o indicador mais utilizado para essa finalidade mede o rendimento médio de uma carteira hipotética, constituída por papéis emitidos pelo Brasil no exterior, frente ao rendimento dos títulos do tesouro norte-americano de prazo comparável (que são considerados livres de risco). Quanto maior o risco, menor, *a priori*, a capacidade de o País atrair capital estrangeiro. Em consequência, maior é o prêmio com que seus instrumentos de dívida devem remunerar os investidores para compensá-los por assumir esse risco.”

Tabela 1 Evolução do Risco-Brasil –

Dez/2000	Dez/2001	Dez/2002	Dez/2003	Dez/2004	Dez/2005
749	863	1.446	463	382	311

O Risco-País (Brasil, na série exibida acima), é um índice denominado EMBI+ e mede o grau de "perigo" que um país representa para o investidor estrangeiro.

Este indicador se concentra nos países emergentes. Na América Latina, os índices mais significativos são aqueles relativos às três maiores economias da região: Brasil, México e Argentina.

Dados comparativos de outros países - como Rússia, Bulgária, Marrocos, Nigéria, Filipinas, Polônia, África do Sul, Malásia e outros - também são considerados no cálculo dos índices. O risco país é calculado por agências de classificação de risco e bancos de investimentos. O banco de investimentos americano J. P. Morgan, que possui filiais em diversos países latino-americanos, foi o primeiro a fazer essa classificação.

O J. P. Morgan analisa o rendimento dos instrumentos da dívida de um determinado país, principalmente o valor (taxa de juros) com o qual o país pretende remunerar os aplicadores em bônus, representativos da dívida pública. Tecnicamente falando, o risco país é a sobretaxa de se paga em relação à rentabilidade garantida pelos bônus do tesouro dos Estados Unidos, país considerado o mais solvente do mundo, ou seja, o de menor risco para um aplicador não receber o dinheiro investido acrescido dos juros prometidos.

Entre outros, são avaliados, principalmente, aspectos como o nível do déficit fiscal, as turbulências políticas, o crescimento da economia e a relação entre arrecadação e a dívida de um país.

O entendimento dos efeitos do risco país é simples, 100 unidades de risco equivalem a uma sobretaxa de 1%.

O risco país indica ao investidor que o preço de se arriscar a fazer negócios em um determinado país é mais ou menos elevado. Quanto maior for o risco, menor será a capacidade do país de atrair investimentos estrangeiros. Para tornar o investimento atraente, o país tem que elevar as taxas de juros que remuneram os títulos representativos da dívida.

Pelo exposto podemos dizer que, na atualidade o Brasil tornou-se atrativo aos investimentos externos pois, apesar da diminuição da remuneração ao capital internacional, a confiabilidade gerada aporta recursos não especulativos fortalecendo a economia do país. Nesse aspecto as captações externas das Instituições Financeiras tornam-se cada vez mais facilitadas, demonstrando o potencial das linhas de aplicação dos capitais externos incentivados pelo Bacen.

O conceito de Risco país será retomado, mais a frente, de forma mais detalhada por o considerarmos fator relevante para o incremento das captações dos recursos externos.

1.3 Formas de aplicação de recursos externos

As Instituições Financeiras podem utilizar-se das deliberações do órgão regulador (Bacen) para efetuar as aplicações dos recursos captados no exterior. O fomento às aplicações dos recursos externos no mercado interno visa incentivar o aporte de recursos não especulativos.

As Instituições Financeiras utilizam-se dos recursos captados no exterior, basicamente de três formas:

- Constituição de carteira da Hedge para a adequação da exposição cambial da Instituição financeira, que deve permanecer em 60% do PLA (Patrimônio Líquido Ajustado), conforme determina a Resolução Bacen 2.606 de 1999;
- Arbitragem no mercado interno, onde a Instituição Financeira busca ganhos com a diferença das taxas cambiais e de juros entre os países. A captação em Iene representa bem a situação, pois permite a busca do lucro com a disparidade de taxas de câmbio do real e do iene em relação ao dólar; e
- Aplicação em empréstimos que configuram repasses de recursos captados no exterior.

No escopo deste trabalho, abordaremos a última forma de aplicação, analisando a carteira de aplicações constituída, no mercado interno, por tradicional e renomada Instituição Financeira, com base na Resolução Bacen 2.770 de 30/08/2000.

A modalidade de aplicação é a de concessão de empréstimo para Capital de Giro com Recursos Captados no Exterior – Resolução 2770, sendo uma operação de repasse de recursos captados no exterior, com base naquela resolução, indexado ao câmbio. Tendo por finalidade o reforço do capital de giro das empresas, além de possibilitar o financiamento de bens e serviços, no qual a Instituição Financeira paga diretamente ao fornecedor e cobra do comprador, cliente, a prazo.

Como diferencial de mercado a Instituição Financeira oferece ao tomador a diminuição do custo do financiamento pela incidência de alíquota zero de IOF, independentemente do prazo da operação e oferece prazos e formas de pagamento negociáveis de acordo com as necessidades de fluxo de caixa das empresas tomadoras.

2 TIPOS DE RISCO E MODELOS DE *HEDGE*

Nas operações de aplicação de recursos externos as Instituições financeiras encontram-se expostas a todas as modalidades de risco inerentes à concessão de capitais a terceiros, segundo Saunders (2000) os principais tipos de riscos enfrentados pelas IFs na atualidade, são:

Risco de Variação de Taxa de Juros; Risco de Mercado; Risco de Crédito; Risco de Operações Fora do Balanço; Risco Operacional; Risco de Liquidez; Risco Soberano e Risco Cambial. Dentre todos os tipos citados, os riscos mais diretamente identificáveis nas Aplicações de Recursos do Exterior seriam: o Risco de Crédito, presente em qualquer operação de empréstimo ou financiamento; o Risco Soberano; e Risco País e o Risco Cambial, os quais detalharemos a seguir:

Risco de Crédito

As Instituições Financeiras têm como atividade inerente a captação e aplicação de recursos, realizando lucros com a diferença entre ambas, quanto maior a solidez da instituição menor seu custo de captação, portanto maior seu lucro com a aplicação, tendo em vista que as taxas cobradas dos tomadores é determinada pela própria instituição.

Um empréstimo pode ser definido como sendo a aplicação de recursos de um agente econômico em um ativo pelo qual existe a expectativa de um retorno, determinado pela taxa de juros cobrada do tomador.

Quando a Instituição aplica os capitais disponíveis ela estipula o valor a ser cobrado do tomador, esse valor pode variar de acordo com uma série de fatores a serem ponderados no momento da análise da operação, sendo levados em consideração aspectos peculiares do tomador e aspectos do cenário econômico atual e o projetado para o período de duração do empréstimo, sendo esses aspectos, dentre outros, os seguintes:

Histórico do tomador; análise da capacidade estimada de pagamento; garantias oferecidas à operação; tempo de atividade do tomador; taxas praticadas pelo mercado; custo de captação dos recursos a serem aplicados; mecanismo de “hedge” agregados à operação e custo de oportunidade dos recursos a serem emprestados.

No momento em que a Instituição estipula os encargos a serem cobrados e o cliente efetua a contratação da operação aparece a figura do Risco de Crédito para a Instituição.

A partir do momento em que o capital passa às mãos do terceiro (tomador) a Instituição incorre no risco de não receber este ativo, havendo a possibilidade desse valor ser perdido parcial ou totalmente, ou ainda demandar esforços e custos para sua recuperação.

A perda pode ser caracterizada por duas espécies de riscos diretamente relacionados ao Risco de Crédito:

Risco de “*default*” (inadimplência) - quando o tomador deixa de cumprir o acordado no ato da contratação da operação, acarretando uma perda do valor nominal da operação menos uma taxa de recuperação.

Risco de “*spread*” - quando, devido a alterações na classificação de risco do tomador, o valor de mercado da operação sofre alterações, tendo em vista que no momento da negociação de taxas, o contrato foi analisado para as características de risco do tomador naquele momento, se esse risco aumenta o prêmio por estar exposto deveria aumentar.

Como forma de mitigar as possibilidades de perdas, faz-se necessário um gerenciamento e acompanhamento dos riscos das operações, antes e após contratação das mesmas.

Antes da contratação, ainda na fase de análise, como forma de mitigar o risco, as Instituições utilizam-se de modelos especialistas, como os C's⁴ do crédito:

- Ciclo ou Condições (Econômicas) – o estado do ciclo de negócios; um elemento importante na determinação de exposição a risco de crédito, especialmente para setores que dependem de ciclos. Toda empresa é um sistema aberto e, como tal, recebe e exerce alguma influência sobre seu ambiente. Através da análise ambiental procura-se identificar, classificar e analisar as variáveis que influenciam o desempenho da organização, avaliando seu impacto sobre o conceito de risco do cliente;

⁴ Ciclo, Caráter, Capacidade, Capital, Conglomerado e Colateral.

- **Caráter** – uma medição da reputação da empresa. É a firmeza de vontade, a determinação em honrar os compromissos assumidos. Está ligado à honestidade e reflete-se no esforço para cumprir uma obrigação, devendo ser observados, nesse caso, atributos como idoneidade, crédito que desfruta, atuação na aplicação dos créditos, pontualidade e alteração de comportamento ou de procedimentos;
- **Capacidade** – a capacidade de pagar, que reflete a volatilidade dos ganhos do tomador. É a habilidade, a competência empresarial ou profissional do proponente, bem como seu potencial de produção e/ou comercialização;
- **Capital** – a contribuição ao capital próprio realizado pelos proprietários e o índice de endividamento. São as fontes e usos de recursos (de onde veio o recurso e onde foi aplicado) e revela a situação econômico-financeira do cliente. O capital do proponente de uma operação de crédito deve ser compatível com a atividade desenvolvida e com o empréstimo proposto;
- **Conglomerado** – verificação destinada a grupos empresariais. Verifica-se a participação do tomador em algum grupo, o histórico do grupo pode atestar quanto à idoneidade do proponente;
- **Colateral (Garantia real)** – no caso de inadimplência, um banqueiro tem direitos sobre a garantia real dada pelo tomador. Quanto maior a prioridade destes direitos, e maior o valor de mercado da garantia real subjacente, menor o Risco de Crédito do empréstimo.

Quando se trata de Risco de Crédito verificamos que sua importância vem tomando vulto no meio financeiro, haja vista a preocupação demonstrada pelo Comitê de Basiléia no Novo Acordo da Basiléia (Basiléia II) quanto à necessidade de construção de modelos de mensuração dessa espécie de risco, sendo utilizado para a construção do denominador do novo índice, conforme a equação abaixo:

$$\frac{\text{Capital_Regulador}}{\text{Risco_de_Crédito} + \text{Risco_de_Mercado} + \text{Risco_Operacional}} = \text{Índice_de_Capital_da_IF} \ (\geq 8\%)$$

Quando a Instituição Financeira efetua a análise de crédito do tomador, via de regra o faz de forma qualitativa, porém com o crescente interesse no Risco de Crédito surgiram

alguns métodos com o intuito de auxiliar na modelagem desse risco, podemos citar os modelos *CreditMetrics* da J. P Morgan, o modelo Credit Monitor da KMV e o modelo de fatores de McKinsey, dentre outros.

Conceituação de VaR – “Value at Risk”

Essencialmente, modelos VaR procuram medir a perda (de valor) máxima de um dado ativo ou passivo ao longo de um período de tempo determinado, a um dado nível de confiança, que, de acordo com a expectativa da Instituição pode variar em percentual, podendo ser auferido em 50%, 75%, 95%, 97,5%, 99%, 99,5% e 99,9%, conforme a aversão ao risco assumida pela Instituição, comumente as Instituições assumem o índice de 99%.

O cálculo do VaR leva em consideração o valor do ativo ou passivo e a volatilidade do desvio padrão daquele valor. Dado uma classificação de risco estimada por modelos internos da instituição e um nível de confiança exigido, 99% no caso mais comum.

Para as instituições Financeiras baseadas no Brasil consideram-se operações com riscos estimados de AA até H e sua exposição ao risco conforme a Resolução Bacen 2.682 de 1999, que estabeleceu os percentuais de provisão conforme abaixo:

Tabela 2 Percentuais de provisão por nível de risco de crédito

Classificação	AA	A	B	C	D	E	F	G	H
Provisão (%)	0	0,5	1	3	10	30	50	70	100

Considerações sobre os modelos de análise de Risco de Crédito

Os modelos de risco de crédito para as carteiras podem ser comparados considerando a distinção na abordagem dos aspectos: definições de riscos; fatores de riscos; correlações; taxas de recuperação e solução para o modelo.

- Definições de Riscos – O risco de crédito pode ser definido tanto pela ocorrência ou não da inadimplência quanto pelas alterações do valor de mercado do ativo em

questão, devido às mudanças na percepção de risco pelo mercado;

- Fatores de Risco – A modelagem do risco de crédito pode ser feita a partir de alterações nos valores dos ativos, nas premissas macroeconômicas e modelos estatísticos propriamente ditos;
- Correlações – as correlações entre os riscos de inadimplência decorrem de exposição semelhante ou de alterações no risco sistêmico (macroeconômicas);
- Taxas de Recuperação – são os índices esperados de recuperação da carteira de empréstimo, podendo ser inseridos no modelo como índices variáveis ou fixos; e
- Solução – as soluções para o modelo podem ser tanto analíticas quanto baseadas em simulações.

A seguir, como forma de ilustrar os métodos de mensuração de riscos de crédito, são descritos alguns modelos:

CreditMetrics

O modelo CreditMetrics, proposto pela J P Morgan, é baseado na probabilidade de haver alterações na qualidade do crédito do tomador em consequência a mudança do rating do mesmo incluindo a probabilidade de default em um determinado horizonte de tempo, ou seja, tem seu foco no risco de spread.

O modelo exige a marcação a mercado da carteira de crédito e procura estabelecer qual será a perda de uma carteira de crédito devido a alterações na classificação de crédito dos devedores e eventuais ocorrências de “*default*”.

Este cálculo exige o conhecimento do valor de mercado do empréstimo e de sua volatilidade. Estes valores não são diretamente observáveis no mercado, então se utilizam dados disponíveis sobre a classificação de crédito do devedor, as probabilidades de mudança desta classificação ao longo do tempo (mapeadas em uma matriz de alteração de rating), os índices de recuperação de cada faixa de classificação e os spreads do mercado secundário. A partir desses dados, obtém-se estimativas do valor de mercado e de sua volatilidade, possibilitando o cálculo do valor em risco (VaR) de um devedor ou da carteira de crédito.

Notamos assim que o modelo busca estimar o VaR “pleno” de um empréstimo ou de uma carteira, através das melhores ou piores classificações das operações e os efeitos associados de mudanças de “*spreads*” na taxa de desconto como parte da exposição de VaR.

Modelo Credit Monitor da KMV

O modelo KMV é baseado no modelo inicialmente proposto por Merton, no qual assume que o preço das ações negociadas em mercado aberto reflete as expectativas do mercado acerca da empresa.

Nesse modelo o processo de “*default*” é endógeno e baseado na estrutura de capital da empresa, ocorrendo o “*default*” quando o nível de ativos da empresa cai abaixo de um determinado nível crítico.

Sendo assim, a função de pagamento de um empréstimo está diretamente relacionada com o valor de mercado da empresa devedora. Se o valor de mercado de seus ativos superar o valor do empréstimo, a empresa tem um incentivo para pagar ao credor e reter o valor residual como lucro. Caso contrário, a empresa devedora poderá tomar a decisão de entregar os seus ativos.

A implantação deste modelo requer mercados líquidos de ações e opções negociados em bolsa, contemplando todos os ativos da carteira de crédito.

Modelo de Fatores

O modelo de fatores da McKinsey (*CreditPortfolio View*) é baseado na relação entre as probabilidades de “*default*” dos devedores e fatores macroeconômicos. Assim como no modelo *CreditMetrics*, parte-se de uma matriz de alteração de “*ratings*”. Entretanto as probabilidades podem variar ao longo do tempo de acordo com o estado da economia. Por exemplo, em um período de recessão essas probabilidades são mais elevadas e, como consequência, as probabilidades de melhora na classificação do tomador serão menores.

As probabilidades de alteração de “*rating*” são modeladas como função de variáveis macroeconômicas defasadas, de um fator de choque econômico geral e de fatores de choque para cada uma das variáveis. A distribuição de valores dos empréstimos obtida com base na matriz condicional pode ser usada no cálculo do VaR da carteira.

O risco de crédito, apesar de bastante evidenciado em estudos e nas Instituições Financeiras, ainda constitui-se em grande desafio, tendo em vista as nuances a serem consideradas quando se busca sua mitigação. Esse trabalho não tem a intenção de se aprofundar no tema, mas sim de expor a importância e a necessidade de se considerar esse fator de risco.

Risco Soberano e Risco País

Risco-Soberano e Risco-País, embora fortemente relacionados, dizem respeito a objetos distintos.

O risco país é um conceito mais abrangente que se reporta, para além do risco soberano, ao risco de inadimplência dos demais credores residentes em um país associado a fatores que podem estar sob o controle do governo, mas não estão sob o controle das empresas privadas ou dos indivíduos - Claessens e Embrechts, (2002). Este é o caso, por exemplo, de empresas privadas que detêm capacidade e disposição de realizar compromissos com credores externos, mas se defrontam com riscos de conversibilidade ou transferência de divisas decorrentes da possibilidade de controles de capitais serem subitamente estabelecidos pelo Estado soberano.

O risco-país diz respeito a todos os ativos financeiros do país, impondo-lhes uma carga compensatória de prêmio no retorno por eles oferecido. Evidentemente, os dois riscos guardam relação de parentesco, já que uma moratória na dívida soberana tende a exercer impacto negativo sobre os demais fluxos de capital para o país, afetando também dívidas externas privadas. No sentido inverso, sem disponibilidade de divisas o Estado soberano torna-se incapaz de cumprir seus compromissos devidos em moeda estrangeira.

A prática que tem atualmente prevalecido entre os governos durante crises de balanço de pagamentos, ainda que nem sempre bem sucedida, é tentar evitar uma moratória generalizada. Isto pode ser justificado pelo aprofundamento da integração econômica e financeira da década de 90, que fez com que o papel do setor externo crescesse substancialmente, sobretudo nos mercados emergentes.

Muitas empresas desses países utilizam extensivamente o mercado externo para se financiar e o investimento direto estrangeiro é um fator importante para o seu crescimento econômico.

Controles cambiais extensivos podem gerar dificuldades duradouras para a captação de recursos no exterior pelas empresas e redução nos fluxos de investimento direto estrangeiro, causando danos importantes à economia do país - Claessens e Embrechts, (2002).

Como regra geral, a classificação de Risco Soberano é um teto para os demais credores de um país, mas o teto pode ser ultrapassado em situações especiais, quando as agências entendem que determinados devedores estão menos vulneráveis ao risco de transferência.

Segundo a Agência Moody's, são cinco os fatores avaliados que poderão levar a classificação de uma empresa para além do teto soberano:

- a probabilidade de moratória generalizada no caso de inadimplência do governo central;
- valor da dívida, levando-se em conta as garantias;
- condições de acesso a divisas através da exportação regular e em larga escala;
- ativos no exterior;
- proprietário estrangeiro ou outras fontes de apoio externo;
- integração com as redes de produção global e de suprimento; e
- importância para a economia nacional e para os mercados de capitais internacionais.

Os *ratings* soberanos e de risco-país aplicados aos demais títulos de um país importam porque, além de determinarem a extensão da clientela possível para sua compra, afetam diretamente os preços dos ativos. O rendimento diferencial dos ativos com riscos em relação aos ativos considerados sem riscos é determinado pelas condições gerais de liquidez, pelo grau de aversão a riscos por parte dos aplicadores de recursos e o risco particular que estes atribuem a cada ativo. A assimetria de informações, quando não atenuada, intensifica a aversão a riscos. Quando os *ratings* das agências são usados como referência para aproximação ao risco de crédito, tendem a refletir-se nos preços dos ativos e nos prêmios cobrados pelos riscos.

O indicador de mercado mais difundido no que diz respeito a prêmios de risco em títulos de economias emergentes é o EMBI+ do J.P.Morgan. Este índice é composto por uma cesta de títulos contratados em moeda estrangeira emitidos pelos governos centrais de diversos países emergentes e que são negociados em mercados secundários. O EMBI+ é composto principalmente por títulos da dívida externa, mas pode também incluir empréstimos negociados e títulos domésticos contratados em moeda estrangeira.

O J.P.Morgan divulga os níveis do índice e as margens soberanas. O índice representa uma média ponderada, pelo volume negociado no mercado secundário, dos preços dos papéis que compõem a cesta; a margem soberana é dada pela diferença entre os rendimentos dos títulos governamentais e os títulos do Tesouro dos EUA com características semelhantes, considerados de risco zero (Aaa/AAA, na classificação das agências). O EMBI+ pode ser decomposto em sub-índices, um para cada país. A margem soberana desses sub-índices é usualmente referida como “Risco-País”. A remuneração adicional em relação aos títulos do governo dos EUA é dada para compensar o maior risco dos títulos da dívida pública de países emergentes. Quanto maior a margem, maior é a probabilidade de inadimplência inferida pelos investidores. Como no cálculo da margem soberana são considerados apenas títulos emitidos pelos governos centrais, corresponde a um indicador de risco-soberano, sendo algo imprecisa sua denominação como “risco-país”.

Tendo em vista que a margem do EMBI+ e as classificações das agências são indicadores de risco-soberano, espera-se alguma relação direta entre ambos.

Não obstante, de um modo geral, os governos em “grau de especulação” enfrentam um custo mais elevado de captação de recursos no mercado internacional em relação ao “grau de investimento”. Isto tem reflexos diretos sobre o custo de financiamento externo do setor privado, pois a margem, bem como a classificação soberana, são parâmetros importantes na determinação dos custos das captações externas dos residentes de um país.

Para o caso brasileiro a J. P. Morgan calcula e divulga o Risco Brasil, EMBI+ *Brazil*, ilustrado abaixo:

Risco Brasil

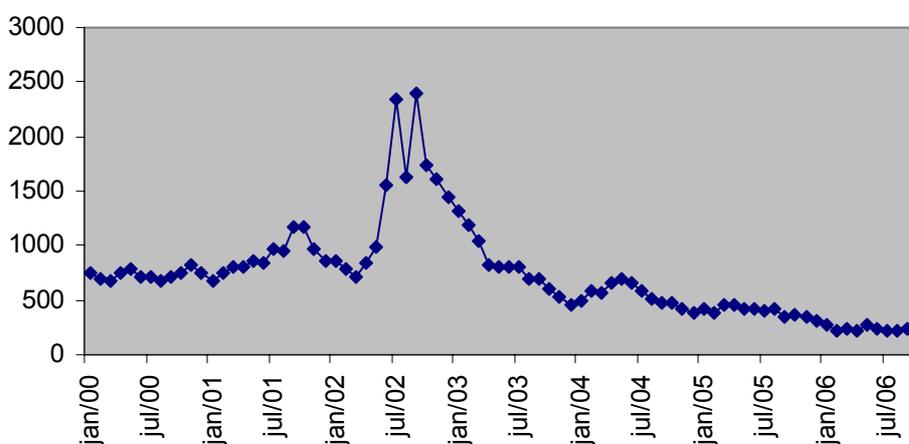


Gráfico 2

Risco Cambial

Definido por Saunders, (2000) como o risco surgido diretamente em transações nos mercados de moedas estrangeiras, concedendo-se empréstimos em moedas estrangeiras, comprando-se títulos estrangeiros ou endividando-se em moedas estrangeiras para captar fundos, o Risco Cambial será definido com mais detalhe no tópico a seguir.

2.1 O conceito de risco cambial (*currency risk*)

Risco cambial pode ser definido como sendo o retorno adicional exigido pelo investidor estrangeiro ou doméstico para cobrir o risco de desvalorização dos títulos domésticos em termos de uma moeda internacional de referência. Quanto mais volátil e imprevisível for a taxa nominal de câmbio maior será, via de regra, o risco cambial.

Os investimentos internacionais vêm cada vez mais atender as expectativas dos investidores devido ao incremento nos retornos da carteira, resultante da redução do risco na diversificação internacional, corroborando Markowitz (1952). Por outro lado, este aumento nos retornos pode ser revertido pela volatilidade da taxa de câmbio. Neste sentido, as flutuações das taxas cambiais têm causado o risco cambial por ser considerado como o risco mais comum nos investimentos globais.

A importância do risco cambial para os investidores internacionais pode ser traçada a partir do colapso do sistema global de taxas cambiais fixadas em 1971, segundo o acordo da Conferência Internacional Monetária de Bretton Woods, em 1944. O resultado foi uma instabilidade internacional financeira que afetou as taxas cambiais acrescentando volatilidade e causando flutuações cambiais agudas.

Apesar de uma maior integração entre os mercados financeiros do mundo nos últimos anos, as variações na estabilidade financeira e o tempo dos ciclos econômicos das diferentes nações, junto com um incremento na globalização, têm resultado numa volatilidade financeira maior e numa maior exposição ao risco cambial.

Dessa forma, várias pesquisas têm sido realizadas para estudar o impacto do risco cambial nos investimentos estrangeiros, mas não existe ainda um consenso a respeito.

Ao contrário do risco país, o risco cambial não é passível de uma medição direta através dos retornos de ativos financeiros. A impossibilidade da medição direta advém da impossibilidade de se observar a desvalorização esperada. Por isso, o risco cambial é dito não observável. Para verificá-lo é necessário estimá-lo ou utilizar uma técnica estatística para inferir sua maior ou menor importância, o órgão regulador instituiu uma forma de proteção ao mercado pela exigência de capital para cobertura do risco cambial, que será demonstrada mais a frente, porém existem outros trabalhos efetuados no sentido de promover a estimação dessa espécie de risco.

Em um artigo clássico, Fama (1984) derivou e testou um modelo para a medição conjunta da variação do prêmio de risco e do componente esperado das taxas a termo. Utilizando dados para nove das moedas internacionalmente mais negociadas no período de agosto 1973 a dezembro 1982, ele encontrou evidências de que ambos os componentes das taxas a termo variam ao longo do tempo. As duas principais conclusões do trabalho de Fama foram as seguintes:

- Prêmio de risco e a taxa de depreciação esperada pelo mercado a termo são negativamente correlacionadas, e

- A maior parte da variação nas cotações a termo é devida a variações no prêmio de risco.

Garcia e Olivares (2001) analisaram a validade destas conclusões "fundamentais" de Fama para o Brasil, utilizando dados do mercado futuro de dólar da BM&F do período abril 1995 - dezembro 1998, período no qual se praticou um regime de câmbio controlado. A primeira conclusão de Fama, de que a taxa de depreciação esperada teria correlação negativa com o prêmio de risco, foi refutada, com as estimativas indicando uma correlação positiva entre eles. Já a segunda conclusão de Fama, a de que a maior parte da variação nos preços futuros é devida a variações no prêmio de risco, foi corroborada pelas estimativas pontuais, embora não tenha sido possível rejeitar a hipótese de que a variância do prêmio de risco tenha sido igual à variância da taxa de depreciação esperada. Ou seja, o instrumental de Fama (1984) corroborou a importância do risco cambial na determinação dos preços do dólar futuro, e, conseqüentemente, nas taxas de juros.

A mesma análise foi feita utilizando outra base de dados, a informação diária dos *swaps* de câmbio de um mês negociados na BM&F, como indicação de taxa de depreciação projetada pelo mercado. Os dados disponíveis compreenderam o período ente 10 de dezembro de 1997 e 10 de novembro de 1999. Os resultados mostram que antes da mudança de regime cambial, em janeiro de 1999, as estimativas do coeficiente angular da regressão de Fama eram quase sempre negativas, porém próximas ao valor zero, aumentando drasticamente quando se inclui o período conturbado de janeiro e fevereiro de 1999, para depois descer e oscilar ao redor do valor um. A mudança de patamar pode ser explicada pela mudança de regime. Isto é, o Brasil trocou o regime de *crawling-peg*, onde a variância do prêmio de risco seria tão ou mais importante do que a variância da taxa de depreciação esperada, por um regime de flutuação cambial, no qual a variância da taxa de depreciação esperada tem uma importância maior do que a variância do prêmio de risco.

Garcia e Olivares (2001) vão além da medição indireta do instrumental de Fama, e utilizam uma técnica econométrica destinada a estimar uma variável não observável, o Filtro de Kalman, para estimar o risco cambial e a depreciação esperada.

Verifica-se, portanto, que a aferição do risco cambial não é algo tão simples quanto poderia se imaginar. Estimativas econométricas, como demonstra a descrição dos trabalhos

de Fama e Garcia e Olivares, demandam modelos elaborados e a utilização de ferramentas nem sempre acessíveis a todos os usuários da informação.

2.1.1 Modelos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco Cambial

Em 1996, o Comitê da Basileia divulgou um conjunto de propostas que procura fornecer às autoridades nacionais de supervisão bancária as diretrizes básicas para a regulamentação da exigência de capital para cobertura de riscos. As propostas sugerem, para efeito de alocação de capital regulatório de uma Instituição Financeira, duas alternativas básicas de cálculo: a abordagem padronizada e a abordagem baseada em modelos internos de gestão de risco. Os bancos que cumprem determinados requisitos poderiam calcular sua própria exigência de capital com base em certos parâmetros determinados pela autoridade monetária. Os demais estariam sujeitos aos requerimentos impostos pela abordagem padronizada.

O Banco Central do Brasil regulamentou as exigências de capital para cobertura de risco decorrente da exposição nos instrumentos referenciados em câmbio e em ouro adotando a abordagem padronizada, não sendo facultado às Instituições Financeiras o uso de modelos internos para o cálculo do encargo de capital, sendo imposto modelo abaixo detalhado, fato que gera custos a serem considerados no resultado das operações.

Pelo exposto, apesar do preconizado pelo Comitê de Basileia, fica claro que as Instituições Financeiras no país não dispõem de alternativas de utilização de outros modelos para o provisionamento de valores pela exposição das operações ao risco cambial. Buscaremos, porém, estimar os custos para duas situações, a imposta pelo órgão regulador e uma estimada com o uso do modelo padronizado sugerido pelo Comitê de Basileia, abaixo descrita.

2.1.1.2 Modelo BACEN

Para mensuração do risco cambial (exposição em moeda estrangeira e ouro) foi apresentado pelo Bacen o modelo definido em sua Resolução 2.606, de 27 de maio de 1999, e pela circular Bacen 2.894, de mesma data, consideradas as modificações introduzidas pelas circulares Bacen 3.217, de 19 de dezembro de 2003 e a 3.229, de 25 de março de 2004, conforme se descreve a seguir:

Considera-se como uma única moeda as exposições em dólar norte-americano, euro, libra esterlina, iene, franco suíço e ouro. No estudo a ser desenvolvido serão analisadas captações em dólar norte-americano e ienes, *fundings* mais comumente utilizados pelas instituições financeiras no Brasil.

A exigência de capital é dada por:

$$EC = F'' \times \max \{ (Exp - k \times PR); 0 \}$$

onde

EC = Exigência de capital;

$F'' = 0,5$ é o fator aplicável às operações em moeda estrangeira ou ouro

$Exp = T_1 + \alpha \times T_2 + T_3$, correspondendo ao valor total da exposição em ouro e moedas estrangeiras;

$$T_1 = \left| \sum_{i=1}^{n1} (ExpC_i - ExpV_i) \right|, \text{ em que } ExpC_i \text{ é a exposição comprada, } ExpV_i \text{ é a}$$

exposição vendida no i -ésimo ativo $n1$ se refere ao grupo de ativos selecionados, composto por dólar norte-americano, euro, yen, libra esterlina, franco suíço e ouro.

$\alpha = 0,7$ é o fator de *hedge* relativo aos ativos selecionados, utilizado somente quando se considera todas as exposições como uma só moeda e pode ser multiplicado por um T_2 definido conforme abaixo.

$$T_2 = \min \left[\left| \sum_{i=1}^{n1} \max (ExpC_i - ExpV_i; 0) \right|; \left| \sum_{i=1}^{n1} \min (ExpC_i - ExpV_i; 0) \right| \right],$$

buscando-se, no caso, o menor valor absoluto; seja ele o do somatório da carteira de ouro e cada uma das moedas estrangeiras que a compoñham, verificado entre o excesso da exposição comprada em relação à exposição ou excesso da exposição vendida em relação à exposição comprada.

$$T_3 = \sum_{i=n}^{n2} |ExpC_i - ExpV_i|, \text{ em que } n2 \text{ refere-se às moedas estrangeiras que não se}$$

encontram no grupo de ativos selecionado.

$k = 5\%$ se $Exp < 5\%$ do PR e $k = 0$, caso contrário;

PR = Patrimônio de Referência.

Analisando minuciosamente, podemos notar que o modelo visa estabelecer um tipo de percentual de PCLD para o Risco Cambial, como o estabelecido para o Risco de Crédito pela Resolução Bacen 2.682, já citada no tópico sobre Risco de Crédito, impondo uma provisão sobre o PR às Instituições Financeiras com operações em moeda estrangeira ou ouro. Conforme Barbedo, Araújo, Moreira e Clemente (2005) o modelo de Exigência de Capital adotado pelo Bacen gera uma exigibilidade de capital equivalente a 50% do valor da exposição, a ser provisionado pela Instituição Financeira a título de garantia da operação, para minimizar perdas em caso de default,

2.1.1.3 Modelo do comitê de Basileia

Conforme Barbedo, Araújo, Moreira e Clemente (2005) o critério adotado por Basileia para a abordagem padronizada de alocação de capital para cobertura de risco cambial prevê uma exigência de capital igual a 8% do valor da posição aberta líquida total da instituição em moedas estrangeiras e em ouro, a qual é determinada em duas etapas. Na primeira etapa a instituição calcula sua posição líquida em cada uma das moedas com que negocia (inclusive ouro), incluindo o valor das posições à vista e a termo e o valor referente aos contratos de opções, calculado pelo delta da opção multiplicado pela quantidade e pelo tamanho do contrato.

A segunda etapa consiste em converter os valores líquidos, comprados ou vendidos, nas diversas moedas, para a moeda em que a instituição deve apresentar seus relatórios. Estes valores líquidos devem ser somados separadamente, de modo a se obter, no final, dois valores totais: um comprado e outro vendido. O maior destes dois valores, em módulo, é então somado com o módulo da posição líquida em ouro. O valor obtido corresponde à posição líquida aberta total da instituição em moeda estrangeira.

2.2 Apresentação de modelos teóricos de *hedge*

O termo *hedge*, quando ligado a operações financeiras, diz respeito a uma ação ou decisão que tem por fim reduzir ou controlar alguma espécie de risco. Usualmente, a decisão

de *hedge* diz respeito ao quanto se aportar de recursos em derivativos, em especial nos mercados futuros, para que se possa controlar ou minimizar os riscos decorrentes de uma determinada exposição. Sendo assim, as teorias sobre *hedge* foram desenvolvidas no intuito de se definir a chamada razão ótima de *hedge*, que, segundo Lien, Tse e Tsui (2002), é o montante aportado em uma posição futura por unidade de exposição à vista de forma que o risco, medido pela variância da carteira formada por estes dois ativos, seja minimizado.

Desde o trabalho de Markowitz (1952), o risco passou a ser usado como variável importante no contexto das decisões financeiras. Em paralelo, vários teóricos buscaram derivar modelos para controlar esta variável. A primeira linha teórica neste sentido foi a teoria tradicional de proteção, pela qual a razão ótima de *hedge* é sempre 1 (um). Esta teoria foi fortemente contestada por vários autores, principalmente em função de suas premissas. Estudos empíricos evidenciaram tais críticas, o que forçosamente levou ao desenvolvimento de novos modelos de proteção, dentre os quais o modelo convencional, que foi desenvolvido em seguida, valendo-se das técnicas de análise de regressão em séries temporais.

O advento dos trabalhos de Engle (1982), Bollerslev (1986) e Engle e Granger (1987) ocasionou o aprimoramento desta modelagem, pois, a partir destes trabalhos tornou-se possível incorporar à análise determinados comportamentos das variáveis que invalidavam os resultados e análises dos modelos convencionais de regressão linear. A identificação da cointegração entre preços à vista e futuro, bem como a presença de heteroscedasticidade condicional nos modelos, demandou mudanças na forma de estimação das razões de *hedge*.

A seguir, serão descritos com mais detalhes os principais modelos de *hedge*, que incorporam os conceitos elencados acima.

2.2.1 Modelo de proteção integral

O modelo de proteção integral busca alcançar a situação onde, para cada unidade de valor (UV)⁵ exposta em uma operação, ativa ou passiva, deve-se adquirir a mesma quantia de UVs em contratos futuros. Conforme Ederinton (1979), caso uma instituição tenha em um

⁵ No caso do trabalho, será utilizado o Dólar Americano, por sua conversibilidade e por tratar-se de “moeda universal”.

tempo t uma exposição cambial, comprada ou vendida, de X_S unidades de moeda estrangeira pode, vender ou comprar, X_F unidades de moeda estrangeira em contratos futuros de câmbio. Por esse modelo, tem-se:

$$X_S = -X_F$$

A finalidade da construção de modelos de *hedge* é a busca da “razão ótima de hedge”, que seria o montante aportado em uma posição futura por unidade de exposição à vista de forma que o risco seja mitigado. Pode-se expressar a “razão ótima de *hedge*”, b , conforme a seguir;

$$b = -\frac{X_F}{X_S}$$

onde o sinal negativo indica o volume que deve ser negociado em contratos futuros em termos relativos ao volume da exposição à vista.

Pode-se inferir, portanto, que a razão ótima de *hedge* pretendida pelo modelo tradicional é 1, já que $X_S = -X_F$.

Ao considerar-se a teoria das carteiras de Markowitz (1952), a situação de *hedge* pode ser descrita como a construção de uma carteira de dois ativos X_S e X_F .

Com base no preceito citado, em um período t poderá se determinar a expectativa do retorno dessa carteira para o período seguinte, $t + 1$, através da seguinte relação:

$$E(R_{p, t+1}) = X_S E(S_{t+1} - S_t) + X_F E(F_{t+1} - F_t) - K(X_F)$$

onde:

$E(R_{p, t+1})$: expectativa do retorno da carteira;

E : operador de esperança;

$R_{p, t+1}$: é o retorno do portfólio protegido na data $t + 1$;

S_{t+1} : é a taxa de câmbio à vista na data $t + 1$;

S_t : é a taxa de câmbio à vista na data t ;

F_{t+1} : é a taxa de câmbio futuro na data $t + 1$;

F_t : é a taxa de câmbio futuro na data t ; e

$K(X_F)$: é o termo correspondente aos custos de corretagem e transação envolvidos nas operações com contratos futuros, que é função da posição assumida em contrato futuros.

Apura-se também que a medida de risco associada à carteira é a variância, conforme Markowitz (1952), dada pela relação:

$$\sigma_{Rp} = X_S^2 \sigma_S^2 + X_F^2 \sigma_F^2 + 2X_S X_F \sigma_{SF}$$

onde:

σ_S^2 : é a variância dos retornos das taxas de câmbio à vista;

σ_F^2 : é a variância dos retornos das taxas de câmbio futuro; e

σ_{SF} : é a covariância entre os retornos das taxas de câmbio à vista com os retornos das taxas de câmbio futuro.

Assumindo que a diferença entre os preços à vista e futuro pode ser descrita por um operador de diferença, Δ , tal que:

$$\Delta S_{t+1} = S_{t+1} - S_t \quad \text{e} \quad \Delta F_{t+1} = F_{t+1} - F_t$$

Temos assim a seguinte equação:

$$E(R_{p,t+1}) = X_S E_t(\Delta S_{t+1}) + X_F E_t(\Delta F_{t+1}) - K(X_F)$$

O termo de esperança, E , está empregado com o subscrito t para denotar que neste período, t , são formadas as expectativas de retornos para o período seguinte, $t + 1$, tanto da carteira como um todo, $[E(R_p)]$, quanto dos ativos individuais que a compõem, $[E(\Delta S)$ e $E(\Delta F)]$.

Como no modelo de projeção integral, $X_S = -X_F$, pode-se evidenciar-se o primeiro termo e eliminar-se o segundo, conforme abaixo:

$$E(R_{p,t+1}) = X_S[E_t(\Delta S_{t+1}) - E_t(\Delta F_{t+1})] - K(X_F)$$

Esta equação representa a expectativa de retorno de uma exposição cambial protegida pelo modelo de projeção integral, do período t ao período $t+1$. A respectiva variância da carteira formada por este modelo é:

$$\sigma_{Rp} = X_S^2 (\sigma_S^2 + \sigma_F^2 + 2\sigma_{SF})$$

2.2.2 A exposição total

A teoria tradicional foi desenvolvida para atenuar os riscos decorrentes de uma completa exposição a oscilações nos preços dos ativos. Um modelo de proteção (*hedge*) deve ser avaliado quanto à sua capacidade de mitigar riscos decorrentes de uma exposição total às oscilações de preços de um determinado ativo comprado. Esta situação de exposição será denominada neste trabalho de exposição total.

Seguindo a notação apresentada no Modelo de Proteção Integral, uma posição desprotegida é aquela na qual o montante aportado em contratos futuros é nulo, ou seja, X_F é igual a zero. Sendo assim, o retorno esperado desta posição pode ser descrito pela seguinte equação:

$$E(R_{U,t+1}) = X_S(\Delta S_{t+1})$$

em que:

$R_{U,t+1}$: é o ganho ou perda decorrente da exposição cambial verificada entre as datas t e $t+1$.

A medida de risco advinda dessa abordagem pode ser deduzida pela variância do retorno desta carteira, ou seja:

$$Var(R_{U,t}) = X_S^2 \sigma_S^2$$

Em função do crescente nível de oscilação das taxas de câmbio ocorridas no mundo a partir de meados da década de 70, é de se esperar que uma posição desprotegida não seja a mais adequada, pois resultará na assunção total do risco gerado pela exposição cambial, que foi significativo em vários momentos deste período.

Fica claro até então que o enfoque da teoria tradicional recaía sobre o controle e, sobretudo, sobre a minimização dos riscos de oscilação dos preços dos ativos. Analisando esta abordagem mais a fundo, pode-se notar que o comportamento de aversão ao risco dos agentes econômicos já estava presente há muito tempo. Nos anos cinquenta, esta teoria sofreu suas primeiras críticas. Working (1953) argumentou que ela estava baseada em uma noção errônea de que os preços futuros aumentam ou decrescem na mesma proporção que os preços à vista, o que não se verificava na realidade. Adicionalmente, este autor mudou a visão tradicional de que o *hedger*⁶ é um agente que busca tão somente minimizar seu risco ao afirmar que:

“proteger nos mercados futuros envolve a compra ou venda de futuros em conjunção com outro compromisso, usualmente na expectativa de uma mudança favorável na relação entre os preços à vista e futuros”.

Análise a esta afirmativa, gera a dedução que Working (1953) defendia que o comportamento do *hedger* seria similar ao de um especulador, na medida em que decide se efetuará ou não a proteção conforme suas expectativas acerca das mudanças na relação entre os preços à vista e futuro. Segundo esta lógica, se este agente tiver uma exposição ativa a um determinado risco de preço, ele somente irá vender contratos futuros se esperar uma queda nos preços do ativo em questão. Inversamente, o investidor que tiver uma posição vendida em um dado ativo somente irá se proteger nos mercados futuros se houver expectativas de aumento nos preços do referido ativo. Em suas conclusões, Working (1953) afirma que:

“descobriu-se que a proteção não é fundamentalmente um tipo de seguro, nem usualmente feita na expectativa de que preços à vista e futuros aumentem ou diminuam igualmente. É uma forma de arbitragem, empreendida mais comumente na expectativa de uma mudança favorável na relação entre os preços à vista e futuro. “

“O fato de que os riscos com a proteção são menores do que sem ela é freqüentemente uma consideração secundária.”

⁶ Aquele que constitui o *hedge*.

Essas conclusões serviram para que fosse unido o conceito de maximização do retorno à noção de aversão ao risco defendida pelos teóricos tradicionais. Sendo assim, Stein (1961) redefiniu as bases para a evolução da teoria de *hedge* em um contexto de carteira no qual o agente ou investidor busca maximizar sua utilidade, que é função das duas variáveis: retorno e risco.

2.2.3 Modelo convencional

Alguns autores ressaltam que a teoria tradicional tem por pressuposto o fato de que os preços à vista e futuro se movem conjuntamente e na mesma proporção – Working (1953); Ederington (1979); Kwok (1987). De fato, tal premissa mostra-se decerto irreal em termos empíricos, o que apontou para a necessidade de desenvolver novos modelos que levassem em consideração esta questão.

Johnson (1960) e Stein (1961) foram os primeiros a consolidar a questão da aversão ao risco presente na teoria tradicional com a percepção de maximização de lucros descrita por Working (1953). Ederington (1979) sintetiza todas as teorias de *hedge* produzidas até então, desenvolvendo o modelo convencional de *hedge*.

Em primeiro lugar, reescreve-se a equação abaixo, já vista anteriormente:

$$E_t(R_{p,t+1}) = X_S E_t(\Delta S_{t+1}) + X_F E_t(\Delta F_{t+1}) - K(X_F)$$

Isolando X_F na equação da razão de *hedge* ($X_F = -bX_S$) e substituindo na equação acima, teremos:

$$E_t(R_{p,t+1}) = X_S [E_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta F_{t+1})] - K(X_S, b)$$

$$E_t(R_{p,t+1}) = X_S [(1-b)E_t(\Delta S_{t+1}) + bE_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta F_{t+1})] - K(X_S, b)$$

Neste ponto, cabe definir o conceito de risco de base, que, em um dado momento t , pode ser expresso pela equação:

$$B_t = F_t - S_t$$

Em que:

B_t : é o risco de base no período t ;

F_t : é a taxa de câmbio futuro no período t ; e

S_t : é a taxa de câmbio à vista no período t .

Assim, pode-se dizer que a expectativa de variação na base do tempo t até $t+1$ será:

$$\begin{aligned} E_t(\Delta B_{t+1}) &= E_t(F_{t+1} - S_{t+1}) - E_t(F_t - S_t) \\ &= E_t(F_{t+1} - F_t) - E_t(S_{t+1} - S_t) \\ &= E_t(\Delta F_{t+1}) - E_t(\Delta S_{t+1}) \end{aligned}$$

Desta forma, pode-se rearranjar a equação,

$E_t(R_{p,t+1}) = X_S[(1-b)E_t(\Delta S_{t+1}) + bE_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta F_{t+1})] - K(X_S, b)$ e incluir o termo acima, chegando-se a equação:

$$E_t(R_{p,t+1}) = X_S[(1-b)E_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta B_{t+1})] - K(X_S, b)$$

A expectativa de retorno da carteira passa a ser função do retorno esperado da posição à vista e da variação esperada na base. Retomando a equação

$E_t(R_{p,t+1}) = X_S[E_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta F_{t+1})] - K(X_S, b)$, a medida de risco associada a essa carteira é também a variância dos retornos, expressa conforme abaixo:

$$Var(R_{p,t+1}) = X_S^2(\sigma_S^2 + b^2\sigma_F^2 - 2b\sigma_{SF})$$

Ederington (1979) buscou em seu trabalho encontrar uma razão b tal que o risco fosse minimizado, o que foi feito assumindo que a exposição ao risco, X_S , era constante, e tomando a derivada parcial da função da variância em relação a b :

$$\frac{\partial Var(R_{p,t+1})}{\partial b} = X_S^2(2b\sigma_F^2 - 2\sigma_{SF})$$

Para encontrar o ponto de mínimo desta função, iguala-se esta derivada parcial a zero e isola-se o termo b , o que resulta em:

$$b = \frac{\sigma_{SF}}{\sigma_F^2}$$

Esta razão representa a proporção da exposição cambial à vista que deve ser protegida para que se alcance o máximo de redução na variância do retorno da carteira;

Chakraborty e Barkoulas, (1999). Estes autores, dentre outros, tais como Kroner e Sultan, (1993) e Park e Switzer (1995) chegaram ao mesmo resultado utilizando uma abordagem microeconômica. Nesta perspectiva um dado investidor tem uma utilidade que é função das duas únicas variáveis de seu interesse, que são o retorno (valor esperado) e o risco (variância). A função que expressa esta utilidade dos investidores assume a seguinte forma:

$$EU(R_p) = E(R_p) - rVar(R_p)$$

em que r é o coeficiente de aversão ao risco de cada investidor ($r > 0$).

Para facilitar o desenvolvimento, admite-se que a razão de *hedge* também pode ser obtida se forem consideradas as medidas de retorno e risco para cada unidade de moeda estrangeira exposta, o que corresponde a considerar que X_S seja igual a 1. Desta forma, a equação de retorno esperado e a de variância da carteira podem ser reescritas na forma abaixo:

$$E_t(R_{p,t+1}) = E_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta F_{t+1}) - K(b)$$

$$Var(R_p) = \sigma_S^2 + b^2\sigma_F^2 - 2b\sigma_{SF}$$

Incluindo estas duas alterações na função de utilidade do investidor, $EU(R_p) = E(R_p) - rVar(R_p)$, tem-se:

$$EU(R_p) = E(\Delta S_{t+1}) - bE(\Delta F_{t+1}) - K(b) - r(\sigma_S^2 + b^2\sigma_F^2 - 2b\sigma_{SF})$$

Espera-se que o agente econômico, agindo conforme expectativas racionais, busque maximizar sua função de utilidade. Sendo assim, deve-se obter o ponto máximo desta função com relação a b , ou seja:

$$\underset{b}{Max} EU(R_p) = E(\Delta S_{t+1}) - bE(\Delta F_{t+1}) - K(b) - r(\sigma_S^2 + b^2\sigma_F^2 - 2b\sigma_{SF})$$

Assim, a razão ótima de *hedge* que maximiza a função de utilidade do investidor é obtida encontrando-se a derivada parcial da função acima com relação a b e igualando-a a zero, o que resulta em:

$$b^* = \frac{2r\sigma_{SF} - E(\Delta F_{t+1})}{2r\sigma_F^2}$$

É usual assumir que a série temporal de preços futuros, F_t , segue um processo *martingal*, que é representado pela seguinte formulação:

$$E(F_{t+1}) = F_t \rightarrow E(\Delta F_{t+1}) = 0$$

Sendo assim, a expressão acima se reduz para o mesmo resultado encontrado na equação $b = \frac{\sigma_{SF}}{\sigma_F^2}$, que representa a razão ótima de *hedge* que maximiza a utilidade do investidor.

Este resultado foi obtido até então em um contexto de um só período, o qual vai de t a $t + 1$. Como apontam vários autores, se a distribuição conjunta dos preços à vista e futuro da moeda estrangeira é constante no tempo, pode-se se estender este desenvolvimento para um contexto multiperíodo, assumindo uma função de utilidade separável no tempo - Kroner e Sultan (1993); Chakraborty e Barkoulas (1999); Brooks, Henry e Persaud (2002).

Neste aspecto específico, Kroner e Sultan afirmam que:

“a solução para a seqüência de razões de *hedge* $\{b_1, \dots, b_T\}$ resulta em $b_i = b_j \quad \forall i, j$ e a razão de *hedge* é usualmente calculada como o estimador por mínimos quadrados ordinários de uma regressão que tem como variáveis dependente e independente, respectivamente ΔS_t e ΔF_t .”

Desta forma, o estimador da razão de *hedge* corresponde ao coeficiente angular da reta de regressão linear expressa pela equação a seguir:

$$\Delta S_t = a + b\Delta F_t + \varepsilon_t$$

em que:

a : é o intercepto estimado da regressão;

b : é o coeficiente angular estimado da regressão; e

ε_t : é uma seqüência de resíduos independente e identicamente distribuídos (iid).

Este modelo é usualmente denominado de modelo convencional, ou estático. Recebe este segundo nome devido à premissa implícita de que a razão ótima de *hedge* deve ser usada de forma constante em todo o período analisado.

Segundo Kroner e Sultan (1993), existem dois problemas potenciais nos estudos empíricos sobre *hedge*. O primeiro diz respeito ao fato de que os preços à vista e futuros são usualmente cointegrados, fazendo com que a estimação do modelo de regressão por MQO seja mal-especificada, pois envolve a sobrediferenciação dos dados, obscurecendo a relação de longo prazo entre estas variáveis. A consequência desta má-especificação é um viés no coeficiente angular estimado para patamares inferiores ao seu real valor.

Outra questão citada por estes autores relaciona-se com o pressuposto de que o risco dos mercados à vista e futuro seja constante no tempo, implicando que a razão ótima de *hedge* seria constante em todo o período de análise. Para eles, esta premissa contrasta fortemente com a realidade, pois o nível de risco dos ativos muda com a chegada de novas informações ao mercado. Na realidade, a volatilidade dos ativos é variante no tempo e deve ser modelada para que as razões ótimas de *hedge* sejam otimizadas.

O modelo proposto por Kroner e Sultan (1993) leva em conta estes dois problemas, ao especificar as equações das médias por meio de um MCE, com uma estrutura de resíduos GARCH. Caso as variáveis em análise apresentem estes comportamentos, é de se esperar que esta especificação produza razões de *hedge* mais eficientes do que as geradas pelo modelo convencional.

2.2.4 Modelo de correção de erros

Os modelos apresentados até então não consideram um fator importante na modelagem bivariada de séries temporais: a cointegração. Como será explicitado na seção “Principais Conceitos” na seqüência, caso se identifique sua existência, é necessário especificar a relação entre as variáveis em um Modelo de Correção de Erros. No contexto desta pesquisa, tal modelo assume a forma descrita no sistema de equações a seguir:

$$\Delta S_t = \alpha_{0s} + \alpha_{1s} (\ln S_{t-1} - \delta \ln F_{t-1}) + \sum_{i=1}^m \beta_{1s,i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2s,i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{st}$$

$$\Delta F_t = \alpha_{0f} + \alpha_{1f} (\ln S_{t-1} - \delta \ln F_{t-1}) + \sum_{i=1}^m \beta_{1f,i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2f,i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{ft}$$

em que:

S_t : é a taxa de câmbio à vista no período t ;

F_t : é a taxa de câmbio futuro no período t ;

Δ : é o operador da primeira diferença (logarítmica); e

m : é o número de defasagens de cada uma das variáveis dependentes a serem incluídas no lado direito das equações.

Pode-se observar que na equação que tem S_t como dependente o termo F_t não consta como variável independente, mas sim suas defasagens de ordem m . A razão de *hedge*, neste caso, é derivada de forma distinta. Em um modelo univariado do tipo $y = a + bx + \varepsilon$, pode ser demonstrado que $Var(y) = E(\varepsilon^2) = Var(\varepsilon)$. De maneira similar, no modelo bivariado acima exposto pode-se admitir que $Var(\Delta S_t) = Var(\varepsilon_{st})$ e $Var(\Delta F_t) = Var(\varepsilon_{ft})$. Pelo mesmo raciocínio, pode-se deduzir que $Cov(\Delta S_t, \Delta F_t) = Cov(\varepsilon_{st}, \varepsilon_{ft})$. Sendo assim, considerando a cointegração entre as duas variáveis analisadas por meio da estimação de um MCE, a razão de *hedge* é obtida por meio da matriz de covariâncias dos resíduos das duas equações:

$$\Sigma_t = \begin{bmatrix} Var(\varepsilon_{st}) & Cov(\varepsilon_{st}, \varepsilon_{ft}) \\ Cov(\varepsilon_{st}, \varepsilon_{ft}) & Var(\varepsilon_{ft}) \end{bmatrix}$$

Desta matriz, calcula-se a razão entre os dois termos localizados nas segunda linha para a determinação da razão de *hedge*, que pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$b = \frac{\sigma_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{Cov(\varepsilon_{st}, \varepsilon_{ft})}{Var(\varepsilon_{ft})}$$

Um dos pressupostos para a validade desta especificação, assim como a do modelo convencional, é a homoscedasticidade, ou seja, a variância dos resíduos constante no tempo.

Por esse motivo, em termos teóricos, a razão de *hedge*, b , seria uma constante, razão pela qual não se incluiu no seu símbolo o subscrito t nos dois modelos anteriores.

2.2.5 Modelo de correção de erros e GARCH

O Modelo de Correção de Erros, apesar de levar em conta a cointegração entre as taxas de câmbio à vista e futuro, não considera o caráter heteroscedástico dos resíduos, freqüentemente encontrado nos modelos de séries temporais, em especial de taxas de câmbio. Para considerar estes dois pontos, deve-se adicionar àquela especificação uma estrutura GARCH de erros.

Conforme Kroner e Sultan (1993):

“o modelo de correção de erros impõe a relação de longo prazo entre S_t e F_t , e a estrutura de erros GARCH permite que os segundos momentos da distribuição variem ao longo do tempo. As razões ótimas de *hedge* podem então ser calculadas a partir da matriz de covariâncias do modelo estimado.”

Sendo assim, considerando o caráter heteroscedástico dos modelos, a razão ótima de *hedge* passa a ser expressa pela seguinte relação:

$$b_t = \frac{h_{SF,t}}{h_{f,t}^2}$$

em que:

$h_{sf,t}$: é a covariância entre os retornos à vista e futuro da moeda estrangeira no período t , condicionada ao conjunto de informações disponíveis em $t-1$; e

$h_{f,t}^2$: é a variância da série de retornos da taxa de câmbio futuro no período t , condicionada ao conjunto de informações disponíveis em $t-1$.

Sendo assim, os termos de variância e covariância condicionais podem ser modelados por meio de uma estrutura GARCH, no que se chama usualmente de um *hedge* dinâmico, pois a razão de *hedge* será sempre calculada em cada período t , condicionada ao conjunto de informações históricas disponíveis até esta data.

Várias especificações são propostas para modelar esta estrutura de erros e obter a matriz de covariâncias condicionais. O modelo original foi inicialmente desenvolvido por Bollerslev, Engle e Wooldridge (1988). A volatilidade condicional por eles estimada foi incluída na equação da média em um modelo GARCH-M. Embora tenham modelado a média desta forma – o que não faria sentido em um contexto cambial –, a variância condicional foi especificada por um modelo multivariado GARCH, que assume a seguinte forma matricial:

$$y_t = b + \delta H_t \varpi_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$vech(H_t) = C + \sum_{i=1}^q A_i vech(\varepsilon_{t-i} \varepsilon'_{t-i}) + \sum_{j=1}^p B_j vech(H_{t-j})$$

$$\varepsilon_t | \varpi_{t-1} \sim N(0, H_t)$$

em que:

vech : é um operador que toma a porção triangular superior de uma matriz e posiciona cada elemento em um vetor-coluna;

H_t : é a matriz de covariâncias condicionais no período t ;

H_{t-j} : é a defasagem de ordem j da matriz H_t ;

ε_t : é um vetor de termos de erro da equação da média no período t ;

ε_{t-i} : é a defasagem de ordem i dos termos de erros da equação da média;

Ψ_{t-1} : é o conjunto de informações disponível em $t-1$; e

A_i , B_j e C : são as matrizes de parâmetros a serem estimados na especificação GARCH.

A presença da matriz H_t na equação da média configura o modelo GARCH-M proposto pelos autores. No modelo original, usualmente denominado de *vech*, devido à operação de vetorização das matrizes, as variâncias e covariâncias condicionais dependem das defasagens de todas as variâncias e covariâncias condicionais dos retornos de todos os ativos, bem como dos termos de erro quadráticos e dos produtos cruzados de todos estes termos.

Vários autores apontam para os problemas de estimação deste modelo, tarefa árdua, mesmo em se tratando de poucos ativos. Na especificação para duas variáveis, as equações de variância e covariância condicionais contêm 21 parâmetros a serem estimados. A especificação para três variáveis exigiria a estimação de 78 parâmetros, e o aumento do número de variáveis pode tornar a estimação, em muitos casos, infactível. Por isso, os próprios autores do modelo propuseram uma especificação simplificada que reduz o esforço, o qual é usualmente denominado *vech* diagonal. Por meio deste modelo, assume-se que as matrizes A e B são diagonais, presumindo que as covariâncias condicionais dependam somente dos seus respectivos termos de erro e defasagens, reduzindo o número de parâmetros estimados para nove. Considerando uma estrutura bivariada de erros GARCH (1,1), o modelo *vech* diagonal pode ser descrito na sua forma analítica como sendo:

$$h_{s,t} = c_1 + a_1 \varepsilon_{s,t-1}^2 + b_1 h_{s,t-1}$$

$$h_{f,t} = c_2 + a_2 \varepsilon_{f,t-1}^2 + b_2 h_{f,t-1}$$

$$h_{s,t} = c_3 + a_3 \varepsilon_{s,t-1} \varepsilon_{f,t-1} + b_3 h_{sf,t-1}$$

Após a criação destes dois modelos, vários ajustes foram desenvolvidos, no intuito de eliminar algumas de suas limitações. Uma desvantagem do modelo *vech* bastante citada na literatura é que não há garantia de uma matriz de covariâncias semidefinida positiva - Brooks (2002); Brooks, Henry e Persaud (2002); Engle e Kroner (1995); Lien, Tse e Tsui (2002). Por definição, uma matriz semidefinida positiva deve ter todos os elementos de sua diagonal principal positivos e ser simétrica com relação a esta diagonal. Intuitivamente, é necessário verificar estas propriedades por dois motivos: primeiramente, a estimação de uma variância – um valor quadrático – nunca deve ser negativa; em segundo lugar, a covariância entre duas variáveis quaisquer, x e y , deve ser a mesma, independente de qual série é tomada em primeiro lugar.

Neste sentido, outras formulações do modelo GARCH multivariado foram propostas de forma a garantir a “semidefinição positiva” da matriz de covariâncias. Este desenvolvimento teórico seguiu dois caminhos distintos. No primeiro, proposto por Engle e Kroner (1995), as formulações GARCH sofreram alterações, mas os modelos continuaram a ser estimados de forma bivariada. Estes autores propuseram uma formulação quadrática para os parâmetros do modelo *vech* original. O modelo foi batizado de BEKK, acrônimo de Baba, Engle, Kraft e Kroner, autores da versão preliminar do modelo. Brooks (2002) acrescenta que esta parametrização trata da dificuldade do modelo *vech* em garantir que a matriz H_t é sempre definida de forma positiva. Formalmente, um modelo BEKK (p, q, K) pode ser descrito pela relação:

$$H_t = \Omega_0' \Omega_0 + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^q A_{ik}' \xi_{t-i} \xi_{t-i}' A_{ik} + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^q B_{ik}' H_{t-i} B_{ik}$$

em que:

ξ_{t-i} : é um vetor de termos de erros com defasagem de ordem i ; e

Ω_0, A_{ik}, B_{ik} são matrizes $(N \times N)$, e Ω_0 é triangular superior.

Nesta especificação, o limite de soma K determina a generalidade do processo. Embora no artigo original Engle e Kroner (1995) tenham permitido a inclusão de variáveis exógenas na equação, optou-se por não considerar tal possibilidade para esta pesquisa. Uma primeira simplificação desta proposição é a especificação BEKK (1,1,1):

$$H_t = \Omega_0' \Omega_0 + A_{11}' \xi_{t-i} \xi_{t-i}' A_{11} + B_{11}' H_{t-i} B_{11}$$

Ω_0, A_{11}, B_{11} são matrizes $(N \times N)$, e Ω_0 é triangular.

Por motivos de parcimônia e simplicidade, pode-se impor mais uma restrição à formulação acima, que é o modelo BEKK diagonal. Nele, define-se que as matrizes A_{11} e B_{11} sejam diagonais. Considerando um contexto bivariado, no qual as duas variáveis de interesse são os retornos logarítmicos das taxas de câmbio à vista e futuro, s e f , a expansão destas matrizes fica da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} h_{ss,t} & h_{sf,t} \\ h_{sf,t} & h_{ff,t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \varpi_{11} & 0 \\ \varpi_{21} & \varpi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varpi_{11} & \varpi_{21} \\ 0 & \varpi_{22} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix}' \begin{bmatrix} \varepsilon_{s,t-1}^2 & \varepsilon_{s,t-1} \varepsilon_{f,t-1} \\ \varepsilon_{f,t-1} \varepsilon_{s,t-1} & \varepsilon_{f,t-1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix}' \begin{bmatrix} h_{ss,t-1} & h_{sf,t-1} \\ h_{sf,t-1} & h_{ff,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Neste modelo, é necessário estimar sete parâmetros para que se obtenha a matriz de covariâncias condicionais das séries. A determinação positiva desta matriz é garantida em função da natureza quadrática dos termos do lado direito da equação, $H_t = \Omega_0' \Omega_0 + A_{11}' \xi_{t-i} \xi_{t-i}' A_{11} + B_{11}' H_{t-i} B_{11}$. Engle e Kroner (1995) apontam que “de fato, este é o ponto chave da parametrização BEKK: matrizes de covariância positivas definidas são geradas por parametrizações essencialmente irrestritas”.

A outra linha de desenvolvimento teórico voltada para solucionar as limitações do modelo *vech* foi iniciada por Bollerslev (1990). Neste trabalho, o autor sugeriu a estimação univariada da variância condicional de cada variável de interesse, aliada à estimação da correlação condicional entre elas. Feito isso, a covariância condicional é obtida como função das estimações anteriores.

Neste artigo, Bollerslev (1990) pressupõe uma correlação condicional constante, presumindo que em algumas aplicações as covariâncias condicionais variáveis no tempo podem ser tomadas como sendo proporcionais à raiz quadrada do produto das variâncias condicionais correspondentes:

$$h_{ij,t} = \rho_{ij} \sqrt{h_{ii,t} h_{jj,t}}$$

em que a supressão do subscrito t no termo de correlação acima denota que ela é constante ao longo do tempo. Para Bollerslev (1990):

“a validade do pressuposto de constância temporal da correlação permanece uma questão empírica (...)”.

Uma questão atrativa desta especificação está relacionada com a estimação e procedimentos de inferência simplificados.

Bauwens, Laurent e Rombouts (2003) apontam que a principal crítica feita ao modelo de Bollerslev (1990) reside neste pressuposto, que parece irreal em muitos estudos empíricos. Tornou-se então necessário encontrar novas formas de parametrizar os modelos GARCH multivariados que não impusessem restrições tão severas aos dados. Assim, surgiram os modelos de correlação condicional dinâmica, em duas formulações muito similares, propostas paralelamente por Engle (2002) e por Lien, Tse e Tsui (2002). Este modelo é uma generalização do modelo de correlação condicional constante, que permite que a matriz de correlações seja variante no tempo. Uma restrição adicional deste modelo é que esta matriz seja definida de forma positiva para todo t , pois senão os termos de covariância seriam negativos. O desenvolvimento teórico destes modelos não será aproveitado nesta dissertação, motivo pelo qual não serão detalhados.

2.2.6 Considerações sobre os modelos

O desenvolvimento dos modelos de proteção acompanhou a evolução dos estudos em séries temporais. Estes modelos passaram a incorporar os efeitos da heteroscedasticidade e da cointegração entre as séries, tornando o processo de estimação das razões ótimas de *hedge* cada vez mais complexo. Tal complexidade deve ser comparada com os potenciais ganhos advindos da melhor especificação dos modelos.

Neste sentido, Tong (1996) pondera que modelos mais complexos nem sempre produzem maiores reduções na variância da carteira, sugerindo que a questão da complexidade x efetividade deve ser verificada empiricamente.

Myers (1991) corrobora este pensamento ao afirmar que os modelos GARCH são muito mais difíceis de estimar, fato que levanta uma questão natural, a ser verificada, que diz respeito ao *trade-off* entre o esforço adicional significativamente maior, em comparação com modelos mais simples. Ainda para este autor, os resultados deste *trade-off*, invariavelmente, dependerão do caso em estudo. As ponderações citadas serão consideradas para este trabalho, uma vez que se a eficiência de *hedge* dos modelos mais simples for considerada relevante, a estimação dos modelos mais complexos será desnecessária para a aplicação pretendida por este trabalho, que é a utilização do modelo proposto para a gestão cotidiana das carteiras de operações ativas e passivas, com recursos do Exterior, de uma Instituição Financeira baseada no Brasil.

3 ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Os cálculos para a apuração da razão do *hedge* necessário ou exigido, para as carteiras de repasses dos recursos captados no exterior são constituídos, mesmo que parcialmente, de análises estatísticas utilizadas para a concessão das bases paramétricas que serão utilizadas para a valiação e estimação de razões alternativas baseadas em hipóteses traçadas a partir da base de dados.

Os modelos utilizados serão os de séries temporais, uma vez que utilizaremos dados históricos das captações e aplicações dos recursos efetuadas pela Instituição, para desenvolver estimativas estatísticas. Com a utilização das séries temporais, ou histórico das operações, devemos assumir o princípio que as estimativas a partir de informações passadas serão adequadas para a previsão de resultados futuros, além de efetuarmos a tentativa de determinar quais seriam os resultados passados com a utilização de outros fatores de ponderação de *hedge*, conseguidos a partir das simulações estatísticas.

Na execução dos testes com a base de dados será necessária a utilização dos conceitos de estatística com séries temporais para a busca dos resultados estimados, portanto, na sequência, efetuaremos uma rápida revisão dos conceitos a serem utilizados no trabalho, buscando abranger minimamente o conteúdo anteriormente visto nos módulos de Econometria do curso, realizaremos uma breve revisão nas definições de séries temporais, das ferramentas necessárias para as análises, bem como algumas formas de modelagem das séries temporais.

3.1 Principais conceitos

No que tange aos modelos de proteção que se valem de técnicas de regressão linear, deve ser ressaltado que a validade dos resultados por eles obtidos depende de alguns pressupostos estatísticos, dos quais três deles merecem especial atenção no que tange ao comportamento das séries econômico-financeiras: a estacionariedade, a cointegração e a homoscedasticidade.

Dada a importância destes fatores para as análises de séries temporais, estes três conceitos serão apresentados a seguir.

3.1.1 A estacionariedade

Para Tsay (2002):

“a base para a análise de séries temporais é a estacionariedade”.

Tal característica pode assumir duas formas distintas: a estacionariedade estrita e a estacionariedade fraca.

Um processo pode ser definido como sendo estritamente estacionário se as distribuições de probabilidade de suas realizações são estáveis ao longo do tempo. Formalmente, um processo estocástico $\{Y_t : t = 1, 2, \dots\}$ é estritamente estacionário se para cada $t_1, t_2, \dots, \in Z$, e para qualquer número inteiro $k \geq 1$ e qualquer $T = 1, 2, \dots$, a distribuição conjunta de $Y_{t_1}, Y_{t_2}, \dots, Y_{t_T}$ será a mesma que a distribuição conjunta $Y_{t_1+k}, Y_{t_2+k}, \dots, Y_{t_T+k}$, assim podemos dizer que a distribuição de probabilidade da seqüência de Y_t é a mesma que a da seqüência de $Y_{t+k} \forall k \in Z^*$, Alexander, (2001); Brooks (2002) e Wooldridge, (2003).

Contudo, Tsay (2002), ao dissertar a respeito desta forma de estacionariedade, coloca que:

“esta é uma condição muito forte e difícil de ser verificada empiricamente (...)”.

Na literatura de finanças, é comum assumir que a série de retorno de um ativo é fracamente estacionária.

Uma série é dita fracamente estacionária, ou estacionária na covariância, se atender aos três pressupostos a seguir:

$$E y_t = \mu ;$$

$$E(y_t - \mu)(y_t - \mu) = \sigma^2 < \infty ;$$

$$E(y_{t_1} - \mu)(y_{t_2} - \mu) = \gamma_{t_2, t_1} \forall t_2, t_1 .$$

Estas três equações significam respectivamente que, para ser fracamente estacionário, o processo deve ter média e variância constantes, além de uma estrutura constante de autocovariâncias que dependa apenas do tamanho da defasagem - Brooks (2002) e Alexander (2001).

Ainda para Brooks:

“...a autocovariância determina como y é relacionado com seus valores passados, e para uma série estacionária, ele depende apenas da diferença entre t_1 e t_2 , de forma que a covariância entre y_{t_1} e y_{t_2} seja a mesma que a covariância entre y_{t_1-10} e y_{t_2-11} , etc.”

Wooldridge complementa afirmando que:

“uma série temporal estacionária em covariância será fracamente dependente se a correlação entre y_t e y_{t+k} convergir para zero de forma suficientemente rápida à medida que $k \rightarrow \infty$. À medida que o tamanho da defasagem k entre duas séries aumenta, a correlação entre elas se reduz cada vez mais”.

Segundo o autor, processos que apresentam tal característica são ditos assintoticamente não correlacionados. Não se deve, entretanto, confundir essa premissa com a exigência de que a correlação entre a série e sua defasagem de ordem k seja nula.

A importância da verificação da estacionariedade fraca nas séries temporais reside no fato de que ela substitui o pressuposto de amostragem aleatória, implicando a validade da Lei dos Grandes Números e do Teorema do Limite Central - Wooldridge, (2003). Deste ponto em diante, toda referência ao conceito de estacionariedade neste texto dirá respeito à forma fraca descrita. De forma complementar, Brooks coloca que a estacionariedade de uma série é essencial pelos seguintes motivos:

- para uma série estacionária, os choques sofridos pela variável irão gradualmente desaparecer com o tempo (...). Para uma série não-estacionária, os efeitos de um choque ocorrido em t não terão um efeito menor em $t + 1$ e em $t + 2$, etc.
- o uso de dados não-estacionários pode levar a regressões espúrias;
- se as variáveis usadas em um modelo de regressão forem não-estacionárias, os pressupostos básicos para análise assintótica não serão válidos. As estatísticas t não seguirão distribuições t , a estatística F não seguirá uma distribuição F , e assim por diante. (BROOKS, 2002, p. 367-368)

Apesar do exposto, do ponto de vista empírico, as séries econômicas e financeiras usualmente não apresentam a desejada estacionariedade, demandando alterações para que possam ser usadas nos modelos de regressão. Em primeiro lugar, deve ser identificada a forma de não-estacionariedade da série para que então possam ser feitas as

correções necessárias. Para Brooks (2002), dois modelos têm sido freqüentemente utilizados para caracterizar a não-estacionariedade das séries. O primeiro é o de tendência linear:

$$y_t = \alpha + \beta_t + \varepsilon_t$$

O segundo é um processo passeio aleatório com deslocamento:

$$y_t = \mu + y_{t-1} + \varepsilon_t$$

em que t é uma tendência linear determinística e ε_t é um processo ruído branco em ambos os casos, ou seja, um processo com média e variância constantes e autocovariâncias nulas para todas as defasagens maiores que zero. Ainda segundo o mesmo autor, as duas formas de não-estacionariedade requerem tratamentos diferentes para induzir a estacionariedade. O primeiro caso, conhecido como processo estacionário na tendência, ou TSP, exige a retirada da tendência da série, por meio da estimação da equação acima, de forma que as estimações posteriores sejam feitas utilizando-se os resíduos desta regressão. Tal série possui a denominada não-estacionariedade determinística – Brooks, (2002) e Alexander, (2001).

Ainda para os mesmos autores, o modelo de passeio aleatório com deslocamento possui a denominada não-estacionariedade estocástica, na qual existe uma tendência estocástica na série. Para tornar este processo estacionário, é necessário diferenciar a série de acordo com a ordem de integração do processo, e por isso estes processos são chamados de estacionários por diferença ou DSP.

Neste sentido, Alexander coloca que:

“uma série temporal é integrada de ordem n , escrita $y_t \sim I(n)$, se a parte estocástica é não-estacionária, mas se torna estacionária após a diferenciação de no mínimo n vezes. Então, um processo que já é estacionário é denotado por $I(0)$ ”.

Por definição, a ordem de integração do processo de passeio aleatório com deslocamento descrito na equação $y_t = \mu + y_{t-1} + \varepsilon_t$ é 1, e usualmente denomina-se tal processo como “integrado de primeira ordem” ou $I(1)$. Subtraindo o termo y_{t-1} de

ambos os lados desta equação, tem-se que:

$$y_{t-1} - y_t = \mu + \varepsilon_t \quad \text{ou} \quad \Delta y_t = \mu + \varepsilon_t$$

Segundo Brooks (2002), a nova variável, y_t , apresentará estacionariedade, induzida pela diferenciação de primeira ordem. Por este motivo, a série y_t também é conhecida como um processo de raiz unitária, visto que a raiz de sua equação característica ($y_t = \mu + y_{t-1} + \varepsilon_t$) é igual à unidade.

Como já foi ressaltado, as séries econômico-financeiras, em geral, e as taxas de câmbio, em particular, usualmente seguem processos integrados de primeira ordem. Para tornar tais séries estacionárias, é necessário diferenciá-las, o que geralmente é feito tomando-se a diferença dos logaritmos da variável no nível entre dois períodos subseqüentes. Sendo assim, um dado processo $y_t \sim I(1)$ pode ser induzido à estacionariedade da seguinte forma:

$$\Delta y_t = \mu + \varepsilon_t$$

em que, conforme anteriormente demonstrado:

Δy_t : é a diferença entre o logaritmo de y_t e o logaritmo de y_{t-1} ;

μ : é o termo de deslocamento;

ε_t : é o termo de resíduos da equação: $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.

Se a equação acima for reescrita em suas esperanças, tem-se:

$$E(\Delta y_t) = E(\mu) + E(\varepsilon_t)$$

Uma vez que o termo de erros ε_t tem média zero e variância constante, o valor esperado de y_t corresponde ao termo de deslocamento, μ , que é uma constante. Considerando o modelo de passeio aleatório sem o deslocamento, o valor esperado de y_t é zero. Em ambos os casos, a estacionariedade do processo $I(1)$ é garantida pela primeira diferenciação do mesmo.

3.1.2 A cointegração

Vários estudos empíricos apontam para a existência de raiz unitária em diversas variáveis econômico-financeiras. Em um modelo bivariado de séries temporais, a questão da estacionariedade passa a ser vista de outra forma. Para Tsay (2002), quando é necessário modelar conjuntamente vários processos não-estacionários pode-se encontrar a cointegração entre as variáveis.

Para definir o conceito de cointegração, Wooldridge (2003) coloca, primeiramente, que se duas variáveis, x_t e y_t , seguem processos $I(1)$, em geral, $y_t - \delta.x_t$ também será um processo de raiz unitária para qualquer δ . Entretanto, é possível que para um dado $\delta \neq 0$ a referida combinação linear entre x_t e y_t , seja $I(0)$, ou seja, estacionária. Se existir um δ tal que as condições acima sejam verificadas, pode-se dizer que x_t e y_t são cointegrados e que δ é o parâmetro de cointegração. A verificação desta condição entre duas séries aponta para a existência de um relacionamento de longo prazo entre elas. Brooks coloca que

“uma relação de cointegração pode também ser vista como um fenômeno de longo prazo ou de equilíbrio, uma vez que é possível que as variáveis cointegradas possam desviar-se deste relacionamento no curto prazo, de forma que associação entre elas irá retornar no longo prazo”.

O mesmo autor coloca que a teoria financeira sugere que algumas variáveis sejam cointegradas entre si, dentre as quais:

- Preços à vista e futuros de um dado ativo ou *commodity*;
- Razão de preços relativos e taxas de câmbio;
- Preços de ações e dividendos.

Em ambos os casos, as forças de mercado que surgem de uma condição de não-arbitragem sugerem que haja uma relação de equilíbrio entre as séries em questão”.

A cointegração pode ser um indicativo da eficiência de mercado em várias circunstâncias, mesmo no contexto de proteção cambial. Sua constatação demanda ajustes na forma de modelar o comportamento das variáveis. Alexander (2001) aponta aplicações similares às apresentadas acima para a modelagem de cointegração e, particularmente no tocante aos preços à vista e futuro, complementa afirmando que se estas duas variáveis andam juntas a base é o vetor de cointegração com reversão à média.

A modelagem de processos raiz unitária pode ser realizada tomando-se a primeira diferença da série, tornando-a estacionária e, portanto, adequada para análise estatística. Em um contexto bivariado, tal especificação assumiria a seguinte forma:

$$\Delta y_t = \alpha + \sum_{i=1}^{m1} \beta_{1i} \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^{m2} \beta_{2i} \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t$$

Todavia, Brooks (2002) aponta que quando a relação entre duas variáveis é importante tal diferenciação é inadequada, pois, embora seja estatisticamente válido, este procedimento não tem solução de longo prazo. Se as duas séries seguirem um processo passeio aleatório sem deslocamento do tipo:

$$x_t = x_{t-1} + \mu_t, \quad \text{e} \quad y_t = y_{t-1} + v_t$$

a indução da estacionariedade pela diferença produzirá

$$\Delta x_t = \mu_t, \quad \text{e} \quad \Delta y_t = v_t$$

Tomando as esperanças de ambas as equações, tem-se que:

$$E(\Delta x_t) = E(\mu_t) = 0, \quad \text{e} \quad E(\Delta y_t) = E(v_t) = 0$$

Dessa forma, todos os termos das equações $x_t = x_{t-1} + \mu_t$, e $y_t = y_{t-1} + v_t$ serão nulos e se cancelarão, motivo pelo qual este modelo não tem solução de longo prazo e nada tem a dizer sobre a possível existência de uma relação de equilíbrio entre x e y . Em virtude disso, no contexto desta pesquisa, torna-se necessário identificar, em primeiro lugar, a existência de cointegração entre as taxas de câmbio à vista e futuro para que se possa especificar corretamente o modelo que expresse a relação estas variáveis.

Para se estimar os parâmetros de cointegração de um grupo de variáveis, Alexander (2001) aponta duas metodologias usualmente aplicadas para identificar a cointegração: o método de Engle e Granger (1987); e o método de Johansen – Johansen, (1988); Johabsen, (1991); Johansen e Juselius, (1990).

O modelo de Engle e Granger (1987) é adequado para a identificação de relações de cointegração entre duas variáveis. Todavia, em sistemas com mais de duas variáveis a utilização deste procedimento somente é sugerida em condições muito específicas. Neste caso, recomenda-se utilizar o método de Johansen, que é uma abordagem multivariada do teste ADF. O detalhamento técnico acerca da verificação empírica da cointegração entre as séries de taxas de câmbio à vista e futuro será apresentado no capítulo destinado à metodologia.

Identificada a cointegração entre as duas variáveis de análise, é necessária então uma especificação diferente para resolver esta questão. Engle e Granger (1987), citados por Alexander (2001), descrevem o teorema de representação de Granger, o qual sustenta que um Modelo de Vetores Auto-regressivos (VAR) nas diferenças das variáveis I(1) será mal especificado se as variáveis forem cointegradas e que a representação de um modelo VAR padece de uma especificação de equilíbrio. Tal equilíbrio é alcançado quando termos de desequilíbrio defasados são incluídos como variáveis explicativas do modelo. Esta especificação é denominada Modelo de Correção de Erros, porque possui um mecanismo auto-regulador por meio do qual os desvios do equilíbrio de longo prazo são automaticamente corrigidos Alexander, (2001). Formalmente, um MCE pode ser assim representado:

$$\Delta x_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^{m1} \beta_{1i} \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^{m2} \beta_{2i} \Delta y_{t-i} + \pi_1 z_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta y_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^{m3} \beta_{3i} \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^{m4} \beta_{4i} \Delta y_{t-i} + \pi_2 z_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

em que:

$z_t = \ln(y_t) - \delta \ln(x_t)$, é denominado termo de desequilíbrio que expressa a relação de curto prazo entre as duas variáveis. Se y_t e x_t são cointegrados com coeficiente de cointegração

d , então o termo z_t será estacionário, mesmo que as variáveis que o constituem não o sejam - Brooks, (2002) e Alexander, (2001).

A magnitude dos coeficientes π_1 e π_2 determina a velocidade de ajuste de volta ao equilíbrio de longo prazo após um choque no mercado. Quando estes coeficientes são altos, o ajuste é rápido, de forma que z_t será fortemente estacionário e a reversão à média $E(z_t) = E(y_t) - \delta E(x_t)$ será logo estabelecida - Alexander, (2001).

3.1.3 A heteroscedasticidade

Outro pressuposto necessário para a validação de modelos de séries temporais diz respeito à variância dos termos de erro. Formalmente, um dado modelo de regressão pode ser expresso pela relação:

$$y_t = X_t \beta + \varepsilon_t$$

em que:

y_t : é um vetor $t \times 1$ de observações da variável dependente;

X_t : é uma matriz $t \times n$ de variáveis independentes;

β : é um vetor $t \times 1$ de parâmetros; e

ε_t : é um vetor $t \times 1$ de termos de erro.

Como já dito, o termo de erros acima deve ser normalmente distribuído, com média zero e variância constante: $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$. Este pressuposto de variância constante é usualmente denominado de homoscedasticidade, o qual, contudo, não se vê confirmado nas constatações empíricas, sobretudo naquelas que usam variáveis econômico-financeiras. Os modelos de séries temporais que usam este tipo de dados usualmente violam tal premissa, apresentando a chamada heteroscedasticidade.

Wooldridge (2003) ressalta que a heteroscedasticidade não causa viés ou inconsistência nos coeficientes estimados de regressão por MQO. Entretanto, esta

constatação faz com que a variância dos estimadores se torne viesada. Assim, os erros-padrão, baseados diretamente nestas variâncias, não mais são válidos para a construção de intervalos de confiança e as estatísticas t e F não apresentarão distribuição t e F , respectivamente, mesmo com amostras grandes. Esse viés nas estimativas de erros-padrão dos coeficientes invalida todo o procedimento de inferência estatística - Alexander, (2001); Brooks, (2002) e Wooldridge, (2003).

Outro ponto que deve ser levantado a respeito das séries financeiras é que os modelos lineares usuais de séries temporais não têm a capacidade de captar uma variedade de comportamentos não lineares, dos quais Brooks cita as três mais importantes:

- “• Leptocurtose – tendência dos retornos dos ativos financeiros possuem distribuições que possuem caudas espessas e são excessivamente pontiagudas na média;

- Agrupamento de volatilidade – tendência da volatilidade nos mercados financeiros aparecer em clusters, de forma agrupada. Desta forma, espera-se que altos retornos (de qualquer sinal) sejam seguidos por altos retornos, e baixos retornos (de qualquer sinal) sejam seguidos por baixos retornos;

- Efeitos de alavancagem – tendência da volatilidade crescer mais após uma grande queda nos preços do que após um aumento de mesma magnitude”.

A constatação da heteroscedasticidade nos resíduos demanda uma solução que viabilize as inferências estatísticas. Ademais, em várias situações, é de particular interesse analisar a variância dos modelos, visto que esta estatística é usualmente usada como medida de risco nas análises de séries temporais.

Neste sentido, o trabalho seminal de Engle (1982) foi crucial para o desenvolvimento dos estudos sobre séries temporais. Seu objetivo constituiu em modelar o comportamento estocástico da variância das séries ao longo do tempo, por meio de um processo auto-regressivo a partir dos resíduos quadráticos da equação da média, em um modelo denominado de heteroscedasticidade condicional autoregressiva ou ARCH .

Partindo de um modelo de regressão linear, tal como o da equação $y_t = X_t\beta + \varepsilon_t$, pelo pressuposto de homoscedasticidade, assume-se que o termo de erro ε_t deve ser $N \sim (0, \sigma^2)$. Segundo Engle (1982), o termo de erro passa a ser um processo que segue a distribuição $N \sim (0, h_t)$, em que a variância condicional do modelo, h_t , é definida pelo processo abaixo:

$$h_t = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i \varepsilon_{t-i}^2 + v_t$$

em que:

h_t : é a variância condicional;

ε_{t-i}^2 : é o componente auto-regressivo de ordem i dos termos de erro quadráticos;

ϕ_i : é o parâmetro do componente auto-regressivo de ordem i ; e

v_t : é um processo ruído branco [$N \sim (0,1)$].

A série h_t é então modelada a partir das p defasagens dos quadrados dos resíduos do modelo original da média. Segundo Alexander (2001), o processo ARCH (p) – leia-se: ARCH de ordem p – captura a heteroscedasticidade condicional dos retornos financeiros, assumindo que a variância condicional de hoje é uma média ponderada dos resíduos quadráticos passados.

Tsay (2002) complementa que a idéia básica dos modelos ARCH é que:

“a) os resíduos da equação da média são serialmente não-correlacionados, mas dependentes; e

b) a dependência destes resíduos pode ser descrita por uma função quadrática simples de seus valores defasados.”

O autor coloca também algumas deficiências deste modelo, tais como:

- “1. O modelo assume que choques positivos e negativos têm o mesmo efeito sobre a volatilidade porque ela depende do quadrado dos choques passados. Na prática, é bem sabido que o preço de um ativo financeiro responde diferentemente a choques positivos e negativos;
2. O modelo ARCH é bastante restritivo. Por exemplo, para que a série tenha 2 de um modelo ARCH (1) deve um quarto momento finito, o parâmetro ϕ_1 estar no intervalo $[0, 1/3]$. A restrição se torna complicada para os modelos ARCH de ordens superiores;
3. Os modelos ARCH não permitem nenhum insight para a compreensão da fonte de variações de uma série temporal financeira. Eles somente permitem uma forma mecânica de descrever o comportamento da variância condicional. Não dá indicação nenhuma sobre o quê causa tal comportamento;
4. Os modelos ARCH são propensos a superestimar a volatilidade, pois eles respondem lentamente a choques grandes e isolados nas séries de retornos.”

Alexander (2001) complementa dizendo que à medida que o número de defasagens aumenta, torna-se mais difícil estimar os parâmetros, porque a função de verossimilhança torna-se muito extensa.

Quatro anos depois da concepção do modelo ARCH, Bollerslev (1986) apresentou uma generalização do modelo proposto por Engle (1982) ao permitir que a variância condicional fosse explicada pelos retornos quadráticos passados e também pelas suas próprias defasagens de ordem q , no que se denominou de “modelo GARCH”. Tal especificação pode ser descrita pela equação abaixo:

$$h_t = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \theta_i h_{t-i} + v_t$$

em que:

h_{t-j} : é a defasagem de ordem j da volatilidade condicional; e

θ_j : é o parâmetro do componente GARCH de ordem j .

Segundo Alexander (2001), as restrições para a não negatividade da variância condicional e para a estacionariedade do processo são, respectivamente:

$$\omega_0 > 0 ;$$

$$\phi_i \geq 0 \text{ para } i = 1, \dots, p ;$$

$$\theta_j \geq 0 \text{ para } j = 1, \dots, q ;$$

$$\sum_{i=1}^p \phi_i + \sum_{i=1}^q \theta_i < 1$$

Quanto à determinação da ordem (p, q) dos modelos GARCH, vários autores indicam que o modelo mais simples – o GARCH (1,1) – é suficiente para descrever o comportamento da volatilidade condicional de boa parte das séries temporais. Outra vantagem desta especificação relaciona-se com o fato de que ela é mais parcimoniosa que os demais modelos GARCH, de ordens superiores - Alexander, (2001); Bollerslev, (1986); Brooks, (2002) e Tsay, (2002). Sendo assim, o processo GARCH (1,1) segue a forma:

$$h_t = \omega_0 + \phi_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \theta_1 h_{t-1} + v_t$$

Nesta especificação, a volatilidade condicional no tempo t é explicada pelo componente auto-regressivo de primeira ordem dos termos de erro quadráticos, além da primeira defasagem da própria volatilidade condicional.

A razão para o uso preferencial dos modelos GARCH em relação aos modelos ARCH reside no fato de que o modelo GARCH (1,1) equivale a um modelo ARCH (∞). Isso quer dizer que, com exceção da primeira, as demais p defasagens dos termos de erros quadráticos, ε_{t-p}^2 , podem ser substituídas pela primeira defasagem da própria volatilidade condicional estimada, h_{t-1} , por meio de um procedimento recursivo, conforme demonstrado em Brooks (2002).

O tamanho dos parâmetros ϕ_1 e θ_1 determina a dinâmica de curto prazo da série temporal de volatilidade resultante. Coeficientes θ_1 altos indicam que choques na variância condicional levam um longo tempo para se dissipar; ou seja, a volatilidade é “persistente”. Coeficientes ϕ_1 altos significam que a volatilidade reage muito intensamente aos movimentos de mercado - Alexander, (2001).

Estudos empíricos apontam existência de heteroscedasticidade nos resíduos dos modelos de séries temporais de taxas de câmbio. Bollerslev (1987) e Baillie e Bollerslev (1989) mostraram que os modelos GARCH (1,1) são eficientes para explicar as distribuições das taxas de câmbio à vista. McCurdy e Morgan (1987; 1988) também mostraram que os preços futuros de moedas podem ser adequadamente modelados pelo mesmo processo.

4 ANÁLISE DA BASE DA DADOS

Nesse ponto pretende-se efetuar a análise da base de dados, bem como os testes necessários para a verificação de resultados e proposição de novas formas de controle e condução das operações de captação e repasse de recursos externos.

O direcionamento dado no decorrer do capítulo será a exposição do método e técnica de pesquisa, a aferição dos resultados alcançados pela Instituição Financeira nas operações ativa e passivas efetuadas no passado e a realização de simulações dos mesmos resultados com a utilização de outros mecanismos de *hedge* e fatores de ponderação.

4.1 Método e técnica de pesquisa

A pesquisa realizada neste trabalho tem caráter expositivo, analítico e comparativo, na medida em que seu objetivo principal consiste em avaliar os resultados alcançados pelas operações de captação e aplicação de recursos externos efetuadas por renomada Instituição Financeira brasileira, expondo a forma com a qual foram apurados tais resultados, e compará-los com os que poderiam ter sido alcançados com a utilização de outras técnicas de mitigação de riscos cambiais (*hedge*), apuração e ponderação. Quanto aos meios, utilizou-se uma abordagem experimental *ex post facto*, na qual foram tomadas as cotações de: taxas de câmbio a vista; taxas de câmbio futuro utilizadas pela Instituição; o histórico das captações externas da Instituição; bem como seu histórico de aplicações, com a finalidade de apurar os resultados obtidos na época da realização das operações ativas e passiva e estimar os resultados que poderiam ter sido alcançados com a utilização de outros mecanismos de *hedge*.

4.2 Unidades de análise

Esta pesquisa tem como unidade de análise a carteira de recursos externos de renomada Instituição Financeira brasileira, a qual, por sua vez, divide-se em duas subunidades: a carteira de captação; e a carteira aplicação. Na primeira, encontram-se os recursos captados no exterior e internalizados no país para o suprimento de diversas necessidades da Instituição, são as operações passivas da Instituição Financeira; na segunda, encontram-se as operações de crédito concedidas com base em parte dos recursos captados

no exterior, são as operações ativas da Instituição. De forma mais detalhada, as unidades de análise são:

- os valores captados no exterior pela Instituição Financeira de janeiro de 2000 a dezembro de 2005 – valores disponibilizados pela instituição; e
- os valores aplicados no mercado interno, em forma de empréstimos a pessoas jurídicas, com base nos recursos captados no exterior, no período de abril de 2002 a dezembro de 2005.

Quanto ao período e tamanho da base de dados, ressaltamos que a intenção inicial era de efetuar análise de dados, tanto das aplicações quanto das captações de recursos, no período de janeiro de 1999, início da adoção do câmbio flutuante pelo governo brasileiro, até a data mais próxima possível do início desta parte do trabalho porém, os dados disponibilizados pela Instituição Financeira foram os do período citado acima, exigindo o ajuste da pretensão inicial às reais disponibilidades, ressaltando que, o período inicial das captações disponibilizado corresponde ao da publicação da Resolução Bacen 2.770 de 2000 e o período inicial das aplicações corresponde ao início da operação, pela Instituição Financeira, da linha de repasses de recursos externos com base na citada resolução, o período final foi determinado pela Instituição Financeira, que somente forneceu dados referentes a períodos com balanços patrimoniais já encerrados.

Outra unidade de análise é formada pela série de cotações de dólar futuro referente aos contratos fechados pela Instituição Financeira para construir sua carteira de *Hedge* de Proteção Integral.

4.3 Instrumento de pesquisa

Para a realização desta pesquisa, os modelos econométricos foram estimados no software E-Views 5.0 ®. Nele também foram feitas as estatísticas descritivas e os testes preliminares. A formatação das carteiras e todos os procedimentos de avaliação e de cálculos aritméticos foram efetuados no software Microsoft Excel 2003 ®.

4.4 Delineamento da pesquisa

4.4.1 Procedimentos de amostragem

A amostra dessa pesquisa é composta por três séries de dados distintas fornecidas pela Instituição Financeira. A primeira é formada pelo registro das captações de recursos externos da instituição, de janeiro de 2000 a dezembro de 2005, composta por 632 observações. A segunda é formada pelo registro das aplicações de recursos externos na carteira de empréstimos a pessoas jurídicas, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2005, composta por 673 observações e a terceira é formada pelas cotações de dólar futuro, utilizadas pela Instituição na constituição da carteira de *hedge*, composta por 510⁷ observações, por tratar-se de cotação diária. Ressaltamos que a diferença entre o número das séries reside na existência de mais de um contrato de captação fechado por dia, porém verifica-se que foram efetuadas captações em 510 dias diferentes. Uma quarta série de dados com 510 observações foi utilizada, a de cotações da taxa de câmbio à vista dólar x real, dados obtidos no Bacen,

4.4.2 Descrição e ajustes das bases de dados

As bases de dados fornecidas pela Instituição Financeira, conforme exposto acima, dispõem de informações relevantes para a apuração dos resultados pretendidos pelo trabalho, na série das captações foram disponibilizados: data de captação; data de pagamento; valor captado em dólares e taxa de juros pactuada. Na série das aplicações tem-se: a data de empréstimo; o valor emprestado em reais; a taxa de juros pactuada. Na série de dólar futuro têm-se a cotação assumida para a data de cada captação da Instituição financeira.

Ressalta-se que, pela necessidade da divulgação de valores e como forma de preservar a confidencialidade das informações foi efetuada uma transformação monotônica nos dados monetários fornecidos pela Instituição Financeira, mantendo-se taxas e prazos inalterados.

Com a finalidade de adequar as bases fornecidas pela Instituição ao objeto desse trabalho, efetuou-se uma série de ajustes quanto às moedas utilizadas. As séries de captação foram informadas com valores em dólar americano, as séries de aplicação foram informadas em reais, a problemática reside na definição da moeda para o momento do pagamento da

captação e do recebimento da aplicação, tendo em vista que no primeiro momento, sem a incidência dos encargos, bastaria efetuar-se a conversão pela cotação a vista do dólar americano em reais, conforme efetuado. A conversão dos valores em reais também é necessária, uma vez que o resultado das operações deverá ser informado aos órgãos reguladores em moeda nacional para tributação e divulgação no Balanço Patrimonial. Optou-se pela utilização de ambas as moedas, porém seguindo o mesmo critério para a aplicação dos encargos em ambas as séries, sendo efetuado o tratamento da seguinte forma:

- mantiveram-se os valores em dólar para o início da captação e converteram-se os valores para dólar no início das concessões de empréstimos;
- aplicaram-se as taxas de juros pactuadas pelos períodos de captação e aplicação, obtendo-se os valores a serem pagos e recebidos pela Instituição Financeira ao final de cada operação; e
- foram criadas séries idênticas às descritas, em reais, pela simples conversão direta dos valores pelo câmbio do dólar americano x real na data da realização.

Pelo período das séries de operações ativas e passivas fornecido pela Instituição, contratadas até dezembro de 2005, as mesmas já se encontravam liquidadas no momento do início dessa pesquisa, fato que possibilitou a verificação dos resultados em dólares e reais.

4.4.3 O tamanho e custo da exposição cambial

No escopo do trabalho é interessante a definição de um fator de impacto ao volume dos custos de transação, o volume da exposição cambial, dado pela equação $E_t(R_{p,t+1}) = X_S[E_t(\Delta S_{t+1}) - bE_t(\Delta F_{t+1})] - K(X_S, b)$. Pode-se deduzir que o retorno esperado da carteira em $t + 1$ depende dos custos de transação auferidos, K ⁸. Estes, por sua vez, são dependentes do volume de exposição à vista, X_S . Este nível, assim como a razão de *hedge*, b , determinarão o número de contratos futuros a comprar ou vender. Este cálculo, quando feito com um nível de exposição muito alto, permite um ajuste mais fino da quantidade necessária de contratos. Se o nível da exposição é pequeno, é necessário que se efetue um arredondamento maior do número de contratos a negociar, piorando o desempenho final dos modelos.

⁷ As séries de retornos possuem uma observação a menos (509), em função da diferenciação da série de preços.

⁸ Conforme informações da Instituição Financeira, seu K é, em média, 0,12%.

4.4.4 Procedimentos preliminares

Este trabalho tem como base de dados duas séries temporais de cotações de taxas de câmbio primeira corresponde às cotações de abertura das taxas de câmbio à vista; a segunda é composta pelas taxas de câmbio futuro correspondentes aos contratos que têm vencimento na data de pagamento das captações efetuadas pela Instituição Financeira. Estas duas séries de taxas de câmbio serão denotadas daqui em diante por S e F , respectivamente.

Em alguns procedimentos foi necessário o uso do logaritmo natural das séries de cotações de preços. Nestas circunstâncias adotaram-se para as duas séries acima as respectivas notações: $\ln S$ e $\ln F$. Em algumas situações, estas séries serão usadas nesta forma, sem proceder com a diferenciação: uma delas será no teste de cointegração, no qual usualmente se trabalha com as variáveis neste formato.

Por fim, na estimação do modelo foi necessário usar as séries de retornos. Com base na premissa do comportamento log-normal dos retornos das taxas de câmbio, estas séries foram transformadas conforme as equações abaixo, resultando em uma série de retornos logarítmicos, com 509 observações.

$$s_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right)$$

$$f_t = \ln \left(\frac{F_t}{F_{t-1}} \right)$$

em que:

S_t : é a taxa de câmbio à vista no período t;

F_t : é a taxa de câmbio futuro da série 1 no período t;

s_t : é o retorno logarítmico das taxas de câmbio à vista para o período t;

f_t : é o retorno logarítmico da série de cotações de câmbio futuro para o período t;

Estas séries de retornos serão utilizadas nos testes estatísticos preliminares, bem como no modelo econométrico de estimação das razões de *hedge*. Para estas séries, as notações em letras minúsculas foram adotadas.

4.4.5 Estatísticas descritivas e testes de raiz unitária, cointegração e heteroscedasticidade

O primeiro passo da verificação empírica consistiu em efetuar uma análise das estatísticas descritivas das séries de aplicação e captação. Tais mensurações foram feitas para todo o período analisado. As estatísticas apresentadas são: média, mediana, desvio-padrão, curtose, assimetria, máximo, mínimo e o teste de normalidade de Jarque-Bera.

4.4.5.1 Teste de raiz unitária

Na seqüência, procedeu-se a verificação empírica da existência de raiz unitária nas séries. O teste efetuado para este fim é o de Dickey-Fuller (DF). Para melhor entender este, toma-se como exemplo a série y_t , que segue um processo $AR(1)$ da seguinte forma:

$$y_t = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Se esta série for $I(1)$, o coeficiente estimado da equação acima será $\phi = 1$, indicando a raiz unitária do processo, verificada pela não rejeição da hipótese nula $H_0 : \phi = 1$ em um teste t do parâmetro estimado. Entretanto, a verificação empírica usualmente é feita nas séries diferenciadas, subtraindo, nos dois lados da equação, a primeira defasagem da série, y_{t-1} :

$$y_t - y_{t-1} = \phi y_{t-1} - y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{ou} \quad \Delta y_t = \theta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

em que $\theta = \phi - 1$. Feita esta mudança, a hipótese nula de raiz unitária pode ser testada pela formulação $H_0 : \theta = 0$. Este teste somente é válido se o processo for $AR(1)$. Caso apresente comportamento auto-regressivo de ordens superiores, o teste de Dickey-Fuller não captará adequadamente a presença de raiz unitária na série, sendo necessário usar o teste ADF. Este teste consegue captar raízes unitárias em processos auto-regressivos de ordens superiores a 1, por meio da inclusão de termos defasados das diferenças da variável y_t no lado direito da equação, conforme abaixo:

$$\Delta y_t = \theta y_{t-1} + \alpha_1 \Delta y_{t-1} + \alpha_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \alpha_p \Delta y_{t-p} + \varepsilon_t$$

De forma similar, o teste é feito analisando-se a significância estatística do parâmetro por meio da mesma hipótese nula do teste DF: $H_0 : \theta = 0$.

4.4.5.2 Teste de cointegração

Depois de identificada a raiz unitária nas séries, deve-se implementar o teste de cointegração para checar a necessidade de especificação de um MCE. Foi implementado o procedimento em dois passos: primeiro estima-se o modelo de regressão por MQO abaixo:

$$\ln S_t = c + \delta \ln F_t + \varepsilon_t$$

Feito isso, realizam-se os testes de raiz unitária (ADF) na série de resíduos da equação acima, ε_t . As séries serão cointegradas com vetor $(1, -\delta)$ se cada uma delas individualmente, seguir um processo $I(1)$. Em termos práticos, a identificação da cointegração entre as séries indica que a base é um processo estacionário.

Alexander (2001) aponta que na análise da cointegração entre duas variáveis “não importa qual variável é tomada como dependente. Há apenas um vetor de cointegração, que, quando estimado por uma regressão de x em y , é o mesmo do que quando a regressão for de y em x ”.

4.4.5.3 Teste de heteroscedasticidade

Por fim, o último teste a ser empreendido, caso necessário, buscará identificar a presença de heteroscedasticidade condicional auto-regressiva, serão analisados os resíduos de duas especificações. Na primeira, assumindo que não há cointegração entre as séries de cotações de câmbio à vista e futuro, estimor-se-a o modelo de regressão da equação $\Delta S_t = a + b\Delta F_t + \varepsilon_t$. A outra especificação adotada, admitindo a cointegração entre as séries, assumirá a forma de um MCE semelhante ao das equações:

$$\Delta S_t = \alpha_{0s} + \alpha_{1s} (\ln S_{t-1} - \delta \ln F_{t-1}) + \sum_{i=1}^m \beta_{1s,i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2s,i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{st} \quad e$$

$$\Delta F_t = \alpha_{0f} + \alpha_{1f} (\ln S_{t-1} - \delta \ln F_{t-1}) + \sum_{i=1}^m \beta_{1f,i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2f,i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{ft} .$$

Nas duas especificações, tomar-se-ão as séries de resíduos – no MCE, serão duas séries, uma para cada equação –, com as quais proceder-se-á com o teste ARCH-LM, conforme abaixo:

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2$$

em que:

ε_{t-n} : são os resíduos quadráticos com defasagem n , em que $n = 0, \dots, p$;

α_0 : é o intercepto; e

α_p : são os estimadores para os termos de defasagem p .

Este procedimento testa a hipótese nula de que $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_p = 0$. Caso a mesma seja rejeitada, pode-se concluir pela presença de heteroscedasticidade condicional auto-regressiva, ou seja, de efeitos ARCH no modelo. A idéia por detrás deste teste está em identificar se a variância do modelo [$\text{var}(y_t) = \text{var}(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t^2)$] possui caráter auto-regressivo. O número total de defasagens p a ser utilizado será definido após a visualização do correlograma de autocorrelação parcial dos resíduos quadráticos do modelo estimado.

5 EXECUÇÃO DOS TESTES

5.1 Análise das Captações Externas

A base de dados fornecida pela Instituição Financeira, conforme exposto acima, dispõem de informações relevantes para a apuração dos resultados pretendidos pelo trabalho, na série das captações foram disponibilizados: data de captação; data de pagamento; valor captado em dólares e taxa de juros pactuada.

Levando em consideração os dados, foi possível efetuar diversas simulações utilizando o Microsoft Excel, conforme demonstramos a seguir:

Considerados somente os valores em dólar americano, utilizamos a equação abaixo:

$$US_0 (f)^{\frac{t}{360}} = US_1$$

onde:

US_0 é o valor em dólares tomado pela Instituição no momento inicial (0);

f é a taxa ao ano, pactuada pela Instituição para pagamento;

t é o tempo, em dias, pelo qual o capital permaneceu com a Instituição; e

US_1 é o valor, em dólares, pago pela Instituição no momento final (1).

Efetuados os cálculos para cada captação e totalizados por ano, verifica-se os valores abaixo:

Tabela 3 Captações externas em US\$

Ano	US\$ - Tomado	US\$ - Pago	US\$ - Juros
2000	4.719.853.740,49	4.727.261.813,09	7.408.072,60
2001	5.609.022.472,28	5.616.906.503,00	7.884.030,72
2002	5.155.849.773,51	5.168.535.715,92	12.685.942,41
2003	6.416.004.584,84	6.440.595.854,99	24.591.270,15
2004	5.114.939.157,50	5.129.377.034,56	14.437.877,05
2005	3.363.059.786,64	3.367.335.269,49	4.275.482,85
Total	30.378.729.515,27	30.450.012.191,05	71.282.675,78

Obteve-se, assim, os valores captados por ano e o montante pago, em dólares americanos pela captação, auferindo-se o montante dos juros pagos pela Instituição Financeira no período analisado.

Para a verificação do resultado pela simples conversão dos valores pelas taxas de juros do dia da captação e do pagamento, considerados, para o pagamento, os valores em dólar acrescidos dos juros, foram utilizadas as equações abaixo onde o resultado demonstrado a seguir foi apurado:

$$US_0 r_0 = R_0, \quad US_1 r_1 = R_1 \text{ e} \quad R_1 - R_0 = j$$

Onde:

r_0 é a cotação do dólar americano, em reais, no momento inicial da captação (0);

R_0 é o valor em reais da captação em seu momento inicial (0);

r_1 é a cotação do dólar americano, em reais, no momento final da captação (1);

R_1 é o valor em reais pago pela Instituição no momento final (1); e

j é o valor dos juros pagos em reais, ao final da captação.

Efetuados os cálculos para cada captação e totalizados por ano, foram obtidos os valores abaixo:

Tabela 4 Captações externas em R\$

Ano	R\$ - Tomado	R\$ - Pago	R\$ - Juros
2000	8.648.340.667,72	9.190.331.908,07	541.991.240,34
2001	13.456.200.113,91	14.012.582.518,46	556.382.404,55
2002	14.997.532.856,01	16.919.038.969,99	1.921.506.113,98
2003	19.779.524.061,22	18.638.561.442,95	(1.140.962.618,26)
2004	15.113.247.393,11	14.482.644.212,11	(630.603.181,01)
2005	8.174.935.747,28	7.698.871.356,41	(476.064.390,87)
Total	80.169.780.839,25	80.942.030.407,99	772.249.568,73

Nota-se que o tipo de arbitragem estimado teria resultado lucro, em reais, nos anos de 2003, 2004 e 2005, demonstrando a tendência de baixa da cotação do dólar americano em relação ao real nesse período.

Além da arbitragem com taxas internas, que pôde ser estimada acima, a Instituição Financeira pode efetuar a aplicação dos recursos captados conforme sua conveniência e necessidade em modalidades como arbitragem com taxas cambiais externas, aplicação em carteiras de investimentos no mercado financeiro e em carteiras de repasses de recursos a

peças físicas ou jurídicas domiciliadas no país, sendo a carteira de empréstimos para pessoas jurídicas de renomada Instituição Financeira brasileira o objeto desse trabalho, a ser detalhada na próxima cessão.

5.2 Análise das Aplicações de Recursos Externos

Na série das aplicações tem-se: a data de empréstimo; o valor emprestado em reais; a taxa de juros pactuada; o risco, apurado com base na Resolução Bacen 2.682, e o prazo do empréstimo.

Efetuada as apurações do resultado de cada uma das operações, valores convertidos para o dólar norte americano, verifica-se o resultado anual abaixo:

Tabela 5 Aplicações de recursos externos em US\$

Ano	US\$ - Emprestado	US\$ - Recebido	US\$ - Spread
2002	652.820.858,09	762.031.726,53	109.210.868,44
2003	1.577.070.621,18	1.919.843.470,72	342.772.849,54
2004	1.154.926.460,67	1.390.936.743,38	236.010.282,71
2005	1.236.705.391,75	1.369.075.874,92	132.370.483,16
Total	4.621.523.331,70	5.441.887.815,55	820.364.483,86

Comparação entre os resultados das aplicações e das captações, a partir de 2002, pode ser resumida no quadro abaixo:

Tabela 6 Percentual das captações externas aplicados em operações de repasse, em US\$

Ano	% de US\$ - Emprestado/Captado	% de US\$ - Recebido/Pago
2002	13%	15%
2003	25%	30%
2004	23%	27%
2005	37%	41%
Total	23%	27%

Nota-se que, no total, a carteira de aplicações da Instituição respondeu pelo pagamento de 27% do total pago pelas captações, comprometendo somente 23% das captações do período, fato que demonstra que o retorno sobre os investimentos, descontada a taxa de juros da captação foi, em média, 17% justificando a aplicação efetuada.

As análises efetuadas até o momento somente consideraram a composição das carteiras e seu resultado direto, desconsiderando fatores preponderantes para o resultado líquido das operações. Na seqüência serão considerados e incluídos: o custo da exposição ao Risco Cambial; o custo da constituição de *Hedge*; a exigibilidade de provisão de capital pela exposição cambial, determinada pela Resolução Bacen 2.606, descrita no item 2.1.1 e a exigibilidade de provisão para créditos de liquidação duvidosa (PCLD) determinada pela Resolução Bacen 2.682.

5.3 Hedge, modelo utilizado e proposto

A especificação e avaliação da efetividade do modelo de proteção envolve duas etapas distintas. Na primeira, estimam-se as razões de *hedge* de acordo com cada um dos modelos. Para o modelo utilizado pela Instituição, o de Proteção Integral, uma só razão de *hedge* será válida para todo o período analisado. O modelo Convencional será estimado de forma dinâmica: ou seja, a cada dia será estimada uma nova razão que será válida para rebalancear a carteira naquele dia.

Na segunda etapa será avaliada a efetividade de cada modelo.

5.3.1 Modelo de proteção integral

O modelo de proteção integral é um modelo estático, assim denominado por presumir que a razão de *hedge* é constante no tempo e igual a um ($b = 1$). Dessa forma podemos afirmar que para cada posição em moeda estrangeira, ativa ou passiva, existe o mesmo valor em posição inversa, efetuando a cobertura integral da operação. O modelo de proteção integral é utilizado por Instituições que dispõem de sobra de recursos, caso daquela sob análise, podendo manter as posições sem comprometer a disponibilidade de capital para novas operações. A problemática do modelo reside no “engessamento” do capital utilizado para *hedge*, no período da proteção, sendo utilizado, também, por indivíduos estritamente avessos a risco.

5.3.2 Modelo convencional

O modelo convencional, que será adotado neste trabalho como alternativa ao utilizado pela Instituição Financeira, considera a existência do risco de base, na medida em que pressupõe que os movimentos das taxas de câmbio não são inteiramente proporcionais,

em contraposição ao modelo de proteção integral. Nesse sentido, deve-se identificar uma razão de *hedge* que minimize o risco da carteira, por meio da estimação da equação de regressão abaixo, pelo método de MQO:

$$s_t = a + bf_t + \varepsilon_t$$

em que a razão de *hedge* é o coeficiente angular desta reta, expresso pela relação:

$$b_{MQO} = \frac{Cov(s_t, f_t)}{Var(f_t)}$$

Este modelo também recebe a denominação de estático, devido ao pressuposto a ele subjacente de que a razão ótima de *hedge* deve ser usada de forma constante em todo o período analisado, já que a matriz de covariâncias é constante no tempo. Todavia, no tocante a esta questão, Grammatikos e Saunders (1983), observam que:

“um grande problema do uso de modelos de regressão simples por mínimos quadrados ordinários em períodos longos é o pressuposto subjacente de que o coeficiente angular da regressão, ou, no caso de futuros, a razão ótima de *hedge*, é estável ao longo de todo o período. [...] Em particular, a imposição a priori desta restrição de que os coeficientes são estáveis ao longo do tempo, quando na verdade eles podem ser instáveis, pode viesar significativamente a estimativa da razão ótima de *hedge* e por conseguinte a efetividade do *hedge*. Tais especificações podem resultar em decisões de *hedge* sub-ótimas e custosas pelos participantes do mercado.”

Essa observação confirma a necessidade de se desenvolver um modelo de *hedge* mais adequado à realidade, em consonância com o trabalho de Lien, Tse e Tsui (2002). Uma primeira solução para este problema, proposta por Grammatikos e Saunders (1983), consiste em estimar o modelo usando janelas móveis ao longo do tempo para identificar, embora de forma simples, o caráter variável das razões ótimas de *hedge*.

É importante ressaltar que o enfoque do trabalho destes autores recai sobre a verificação da constância das razões de *hedge* cambial com futuros. Adaptando o modelo destes autores à realidade desta pesquisa, o modelo convencional acima descrito assume um

caráter dinâmico, na medida em que é definida uma janela de tamanho fixo com 190 observações de retornos, a qual servirá de base para a estimação das razões de *hedge*. Formalmente, estima-se a equação abaixo:

$$s_t = a + bf_t + \varepsilon_t$$

em que $t = i + 189$, e $i = 1, \dots, 320$.

A estimação das razões de *hedge* desta forma demanda a inclusão do subscrito t na sua fórmula para denotar seu caráter variável:

$$b_{MQO} = \frac{Cov(s_t, f_t)}{Var(f_t)}$$

É importante ressaltar que os subscritos acima referem-se às séries de retornos, que possuem uma observação a menos que a série de cotações das taxas de câmbio. Por isso, a estimação acima termina no contrato $t = 509$, que corresponde ao 509º retorno, observado no contrato de número 510.

A primeira razão estimada servirá de base para a decisão acerca do nível de proteção neste mesmo contrato, $t = 190$. Feito isso, a janela de retornos se move um contrato à frente, excluindo-se a primeira observação de retornos – do contrato $t = 1$ – e incluindo-se a observação seguinte à última utilizada na estimação anterior, referente ao contrato $t = 191$. Neste procedimento, mantém-se fixo o tamanho da janela em 190 observações de retornos. Feito isso, uma nova razão de *hedge* é obtida e usada para decidir quanto ao nível de proteção a ser adotado nesta data. Este processo de rolagem da janela de estimação continua até o final da amostra, resultando em uma série de 320 razões de *hedge* contratuais e, conseqüentemente, o mesmo número de rebalanceamentos.

O rebalanceamento da carteira será feito de forma instantânea; ou seja, a razão de *hedge* estimada em um dado contrato t é usada para rebalancear a carteira no ato desta contratação. Já que se trabalhou com cotações de abertura, permitiu-se pressupor que a Instituição rebalanceará sua posição logo após incluir no modelo os preços de abertura – à vista e futuro – daquele contrato e estimar uma nova razão de *hedge*.

5.4 Avaliação da eficiência dos modelos

A avaliação do desempenho dos modelos de proteção é uma tarefa à parte da estimação das razões de *hedge*. De posse destas estimações, é possível construir uma carteira de *hedge*, composta por dois ativos: um corresponde à exposição à vista; o outro, à posição em contratos futuros, a qual é determinada pelas razões de *hedge* estimadas. Sendo assim, pode-se calcular o retorno efetivo desta carteira do período t ao período $t + 1$ pela seguinte relação:

$$r_{C,t+1} = X_s \cdot (s_{t+1} - b_t f_{t+1}) - ct_t$$

em que ct_t corresponde aos custos de transação diários decorrentes da negociação dos contratos futuros no período t , cujo valor médio informado pela Instituição Financeira é de 0,12% dos valores contratados.

A razão de *hedge* estimada a cada momento t servirá para compor o retorno do período seguinte, o que faz com que seja construída uma série de retornos diários da carteira para o modelo. Uma medida de retorno aplicável nesta análise é o retorno médio da carteira ao longo de todo o período no qual foram estimadas as razões de *hedge*, ou seja, os últimos 320 contratos analisados:

$$\bar{r}_c = \frac{1}{N} \sum_{t=191}^T r_{c,t+1}$$

em que $N = 390$. Tendo obtido a média do retorno global da carteira, pode-se derivar a medida de risco a ela associada, por meio do cálculo da variância da série de retornos:

$$Var(\bar{r}_c) = \frac{1}{N-1} \sum_{t=390}^T (r_{c,t+1} - \bar{r}_c)^2$$

A efetividade do modelo de proteção está relacionada à magnitude de redução do risco que ele consegue obter. Sendo assim, uma posição desprotegida ($\beta = 0$) é tomada como *benchmark* e a medida de efetividade do modelo de *hedge*, M , é dada pela relação:

$$\Delta Var_M = \frac{Var_{(r_{C,desprotegida})} - Var_{(r_{C,M})}}{Var_{(r_{C,desprotegida})}}$$

Se a variância deste modelo M for menor que a variância da posição desprotegida, a razão acima será positiva e, portanto, indicará o nível de redução do risco da carteira obtido com a implementação do modelo. Por outro lado, caso algum modelo resulte em uma variância maior do que aquela da situação desprotegida, a razão acima resultará em um valor negativo, que indica um aumento no risco da carteira, em comparação com a situação de “desproteção” integral.

5.5 Análise dos Resultados

5.5.1 Análises estatísticas preliminares

5.5.1.1 Estatísticas descritivas

As estatísticas descritivas foram elaboradas para as duas séries de retornos logarítmicos (s e f) e demonstradas na tabela abaixo:

Tabela 7 Estatísticas descritivas das séries de retornos das taxas de câmbio

Estatísticas Descritivas	Séries de Retornos Logarítmicos	
	s	f
Média	0,000384	0,000382
Mediana	-0,000524	-0,000488
Máximo	0,083384	0,095993
Mínimo	-0,070892	-0,065249
Desvio-Padrão	0,016250	0,017299

Fonte: elaborada pelo autor da dissertação.

Conforme demonstra a tabela acima, as séries de retornos possuem medidas de tendência central próximas a zero, o que sinaliza par a hipótese de passeio aleatório das mesmas. Todas as séries apresentam valores expressivos de curtose, indicando uma distribuição de probabilidade leptocúrtica, com aspecto mais pontiagudo que a curva normal.

5.5.1.2 Testes de raiz unitária

O teste ADF de raiz unitária foi realizado para as duas séries de cotações de câmbio. Em cada uma, foram feitos três testes: nas séries de taxas de câmbio (S e F); nas séries logarítmicas ($\ln S$ e $\ln F$); e nas séries de retornos logarítmicos (s e f). A hipótese nula do teste ADF assume que a série possui raiz unitária e sua rejeição indica que a série é estacionária e, portanto, apta para ser usada em um modelo de regressão.

Tabela 8 Testes da raiz unitária (ADF)

Série	ADF	
	T	Valor p
S	-1.603142	0,1095
F	-1.682482	0,0931
$\ln S$	-1.845023	0,0656
$\ln F$	-1.886707	0,0598
s	-21.06076	0,0000
f	-23.89204	0,0000

Fonte: elaborada pelo autor da dissertação.

Obs: valores críticos para o teste ADF, segundo MacKinnon (1996): -3,4347 (1%); -2,8634 (5%); -2,5678 (10%). Níveis de significância entre parênteses.

Como mostra a tabela acima, o teste ADF indica que as duas séries, no nível apresentam raiz unitária. Tomando as séries dos logaritmos das taxas de câmbio, também não rejeitamos a hipótese nula da presença de raiz unitária, portanto a série logarítmica também não é estacionária. Finalmente, para todas as séries de retornos logarítmicos, rejeita-se a hipótese nula em favor da estacionariedade, mesmo a 1% de significância, concluindo-se que as séries de retornos das taxas de câmbio (s e f) são estacionárias, portanto adequadas para a utilização no modelo estatístico proposto neste trabalho.

5.5.1.3 Teste de cointegração

O teste de cointegração foi efetuado nas séries logarítmicas ($\ln S$ e $\ln F$). O procedimento adotado foi o descrito na seção 4.4.5.2, estimando-se a regressão

$\ln S_t = c + \delta \ln F_t + \varepsilon_t$ e testando-se a estacionariedade dos resíduos, obtendo-se os resultados apresentados na tabela abaixo:

Tabela 9 Teste de cointegração entre as séries logarítmicas de taxas de câmbio

Séries	T	Valor p
	$\ln S$ e $\ln F$	-13.51556

Fonte: elaborada pelo autor da dissertação.

Obs: as variáveis indicadas na coluna “Séries” foram empregadas em uma regressão simples por MQO, em sua forma logarítmica. O teste de raiz unitária (ADF) foi feito para atestar a estacionariedade dos resíduos das regressões estimadas.

Como os testes de raiz unitária indicaram previamente, as séries originais e logarítmicas são $I(1)$. Como os resíduos da regressão estimada na equação $\ln S_t = c + \delta \ln F_t + \varepsilon_t$ se mostraram estacionários, conclui-se cointegração entre as séries de taxas de câmbio à vista e futuro, resultados que são válidos para a série de preço futuro, F .

5.5.2 Análises do resultado do modelo de *hedge*

Ao efetuar-se a regressão direta, pelo modelo de equação proposto $s_t = a + bf_t + \varepsilon_t$, verificou-se em análise aos resíduos ε_t a inexistência da presença de “ruído branco”, fato que estatisticamente tornaria o modelo pouco eficiente, foi então empregado um $AR(1)$, $s_t = a + bf_t + \Delta s_{t-1}$ para tornar a estimação mais adequada, obtendo-se assim estimadores b mais consistentes, como forma de capturar os efeitos do processo AR , efetuou-se a ponderação dos estimadores pelo coeficiente $AR - \Delta$, $\frac{b}{1 - \Delta}$, assumindo para a estimação $b = \frac{b}{1 - \Delta}$.

Utilizando-se a equação $r_{C,t+1} = X_s \cdot (s_{t+1} - b_t f_{t+1}) - b_t c t_t$, efetuou-se a apuração dos resultados em três situações: em uma carteira hipotética, sem *hedge*, com $b = 0$; na carteira de *hedge* da Instituição Financeira, onde $b = 1$ para todos os contratos; e, finalmente,

da carteira que utilizaria um b variável para cada contrato, estimado pelo modelo proposto. Para guardar coerência, foi efetuada a apuração a partir do 191º contrato para todas as situações.

Verifica-se o seguinte comparativo de resultados anuais em R\$ na carteira de *hedge* das captações:

Tabela 10 Resultado da carteira de *hedge*. $b = 1$ e b estimado

Ano	$b = 1$	b estimado
2002	157.217.649,61	1.200.261.910,59
2003	-424.763.126,30	2.976.795.687,17
2004	-254.374.165,36	3.295.148.541,54
2005	-143.060.981,45	1.980.272.738,54
Total	-664.980.623,51	9.452.478.877,83

Os valores da TABELA representam o capital que não seria empregado em contratos futuros, permanecendo disponível para a Instituição efetuar outras aplicações. Note-se que, para a situação de proteção integral foi utilizado capital acima do valor da operação passiva.

Avaliando-se o nível de redução do risco da carteira, do modo exposto no item 5.4, os resultados demonstraram, para a carteira toda (2002 a 2005), que o modelo utilizado pela Instituição Financeira oferece um índice de proteção de 99,84%, enquanto o modelo proposto oferece um índice presumido de proteção de 95,75%.

5.5.3 Influência do modelo proposto na carteira de aplicações da Instituição

A tabela abaixo é o demonstrativo dos valores aplicados pela instituição financeira, em reais, para o mesmo período dos contratos futuros considerados para a finalidade da constituição do *hedge*, ressalte-se que o valor de 2002 foi ajustado a partir do primeiro contrato considerado para a estimação do modelo de *hedge*:

Tabela 11 Resultado da carteira de aplicações

Ano	R\$ - Emprestado	R\$ - Recebido	R\$ - Spread
2002	185.665.077,88	405.263.771,52	219.598.693,64
2003	4.698.112.754,82	5.187.772.824,37	489.660.069,55
2004	3.408.239.696,55	3.414.777.862,90	6.538.166,34
2005	4.223.423.130,90	7.511.334.389,82	3.287.911.258,92
Total	12.515.440.660,16	16.519.148.848,61	4.003.708.188,45

Considerando a proporção aplicada, em relação à captada, o resultado das carteiras de aplicação pode ser ajustado, conforme abaixo, pela influência dos modelos de *hedge* utilizado e proposto.

Resultado atingido pela Instituição Financeira com a utilização do modelo de Proteção Integral:

Tabela 12 Resultado da carteira de aplicações considerando $b=1$

Ano	R\$ - Emprestado	R\$ - Recebido	R\$ - Spread
2002	185.665.077,88	562.481.421,13	376.816.343,24
2003	4.698.112.754,82	4.763.009.698,07	64.896.943,25
2004	3.408.239.696,55	3.160.403.697,54	(247.835.999,01)
2005	4.223.423.130,90	7.368.273.408,37	3.144.850.277,47
Total	12.515.440.660,16	15.854.168.225,10	3.338.727.564,95

Resultado estimado com a utilização do modelo Convencional:

Tabela 13 Resultado da carteira de aplicações considerando b estimado

Ano	R\$ - Emprestado	R\$ - Recebido	R\$ - Spread
2002	185.665.077,88	1.605.525.682,11	1.419.860.604,22
2003	4.698.112.754,82	8.164.568.511,54	3.466.455.756,72
2004	3.408.239.696,55	6.709.926.404,43	3.301.686.707,88
2005	4.223.423.130,90	9.491.607.128,36	5.268.183.997,46
Total	12.515.440.660,16	25.971.627.726,44	13.456.187.066,28

Observe-se que foram considerados os resultados, proporcionais às aplicações, auferidos nos modelos de *hedge* como valores recebidos, tendo em vista que no fluxo de caixa da Instituição eles não seriam desembolsados, foi utilizada esta abordagem para demonstra o real incremento concedido à carteira pelo uso do Modelo Convencional.

6 CONCLUSÃO

Os resultados verificados no capítulo anterior denotam o atingimento do objetivo proposto no início deste trabalho, demonstrando a efetividade da utilização de um modelo alternativo de *hedge* para a Instituição Financeira sob análise. Pode-se verificar que, para os dados analisados, há viabilidade financeira para adoção de modelo menos conservador para a proteção de carteiras de captação de recursos externos da Instituição.

O Modelo Convencional proporcionaria um retorno de 108% sobre o capital aplicado, contra os 27% atingidos com a utilização do Modelo de Proteção Integral, utilizado pela Instituição, oferecendo um índice de proteção estimado em 95,75%, contra os 99,84% do modelo utilizado.

Acredita-se que o procedimento de atualização das razões de *hedge*, por meio da rolagem de janelas, proposto por Lien, Tse e Tsui (2002) foi crucial para a configuração do resultado. Pode-se verificar que a incorporação diária de novas informações no Modelo Convencional permitiu incorporar o caráter dinâmico do mercado cambial, permitindo que o modelo capturasse tendências de mercado no decorrer do tempo.

As dificuldades para a construção de uma proposta que pudesse ser aplicada às Instituições Financeiras, na prática, foi um desafio a parte. O intuito do presente trabalho foi, desde o seu projeto, o oferecimento, ao seu final, de uma ferramenta que pudesse ser utilizada no gerenciamento das carteiras de aplicações e captações de recursos externos das Instituições Financeiras baseadas no país.

A apresentação de uma série de modelos alternativos de *hedge*, no decorrer do trabalho, serviu para o autor determinar o mais adequado à utilização no dia a dia das Instituições, que nem sempre contam com pessoal capacitado ou programas estatísticos de última geração, daí o esforço para buscar uma forma de conferir a capacidade de captura dos aspectos dinâmicos do mercado cambial ao modelo utilizado. Conforme Tong (1996), anteriormente citado no texto, “modelos mais complexos nem sempre produzem maiores reduções na variância da carteira” e Myers (1991) “os modelos GARCH são muito mais difíceis de estimar, fato que levanta uma questão natural a ser verificada, que diz respeito ao *trade-off* entre o esforço adicional significativamente maior, em comparação com modelos mais simples”.

A estimação das razões de *hedge* pelos demais modelos seria passível de futura verificação empírica a título de maior aprofundamento à pesquisa e ao tema desenvolvido,

bem como a estimação do risco cambial e a incorporação à equação do resultado de outros custos relevantes ligados às operações passivas e ativas.

Outra possibilidade seria a construção da pesquisa com a utilização de “Opções” ao invés de Contratos futuros, mercado ainda não utilizado com a finalidade de constituição de *hedge* pela Instituição analisada neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, C. Market models: a guide to financial data analysis. UK: John Wiley & Sons Ltd., 2001.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 63*. Brasília, 04/1967. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.118*. Brasília, 10/1994. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.547*. Brasília, 03/1995. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.170*. Brasília, 06/1995. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.312*. Brasília, 09/1996. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.395*. Brasília, 10/1997. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.483*. Brasília, 03/1998. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.606*. Brasília, 05/1999. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Circular CMN 2.894*. Brasília, 05/1999. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.682*. Brasília, 12/1999. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.683*. Brasília, 12/1999. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Resolução CMN 2.770*. Brasília, 08/2000. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Circular CMN 3.217*. Brasília, 12/2003. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). *Circular CMN 3.229*. Brasília, 03/2004. <http://www.bcb.gov.br>.

BACEN (Banco Central do Brasil). “*Economia bancária e crédito – Avaliação de 5 (cinco) anos do Projeto - Juros e spread bancário*”. 12/2004. <http://www.bcb.gov.br>.

BAILLIE, R. T.; BOLLERSLEV, T. The message in daily exchange rates: a conditional-variance tale. *Journal of Business and Economic Statistics*, V. 7, Nº 3, p. 297-305, Jul. 1989.

BARBEDO, C. H da S.; ARAUJO, G. S.; MOREIRA, J. M. S. e CLEMENTE, R. S. M. “Avaliação de Modelos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco Cambial”. 04/2005. <http://www.bcb.gov.br>.

Basle Committee on Banking Supervision. “Credit Risk Modelling: Current Practices and Applications”. Basel Committee Publications. Apr 1999.

BAUWENS, L.; LAURENT, S.; ROMBOUTS, J. V. K. Multivariate GARCH models: a survey. CORE Discussion Paper 2003/31, Université Catholique de Louvain, 2003.

BIS (Bank for International Settlements). Comitê da Basileia sobre a Supervisão Bancária. “Convergência internacional de mensuração de capital e padrões de capital”. Estrutura Revisada. Basileia, Suíça. Junho de 2004. Versão traduzida pela Febraban.

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

BOLLERSLEV, T. A conditionally heteroscedastic time series model for speculative prices and rates of return. *Review of Economics and Statistics*, V. 69, Nº 3, p. 542-547, Aug. 1987.

BOLLERSLEV, T. Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model. *Review of Economics and Statistics*, V. 72, p. 498-505, 1990.

BOLLERSLEV, T.; ENGLE, R. F.; WOOLDRIDGE, J. M. A capital asset pricing model with time-varying covariances. *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, V. 96, Nº 1, p. 116-131, Feb. 1988.

BROOKS, C.; HENRY, O. T.; PERSAND, G. The effect of asymmetries on optimal hedge ratios. *Journal of Business*, V. 75, Nº 2, p. 333-352, Abr. 2002.

BROOKS, C. *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

CLAESSENS, S.; EMBRECHTS, G. Basel II, Sovereign Ratings and Transfer Risk External versus Internal Ratings. Basel Committee Publications, 2002.

COSTA A. C. A.; NAKAME M. I. “Revisitando a metodologia de decomposição de spread bancário no Brasil”. Trabalho apresentado no XXVI Encontro Brasileiro de Econometria. <http://www.sbe.org.br/ebe26/021.pdf>

CHAKRABORTY, A.; BARKOULAS, J. T. Dynamic futures hedging in currency markets. *The European Journal of Finance*, V. 5, Nº 4, p. 299-314, Dez. 1999.

EDERINGTON, L. H. The hedging performance of the new futures markets. *The journal of finance*, V. 34, n.º 1, Mar. 1979.

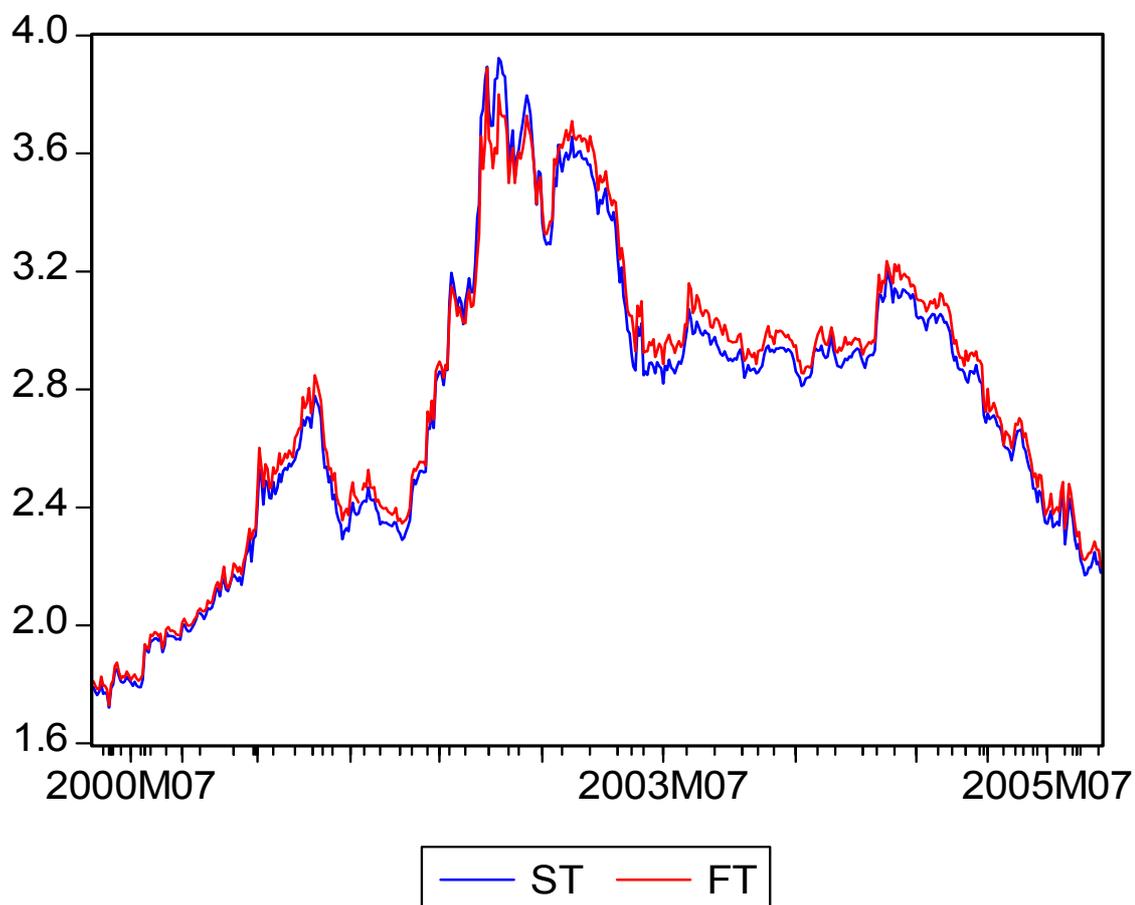
- ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. *Econometrica*, Volume 50, p. 987-1008, Jul. 1982.
- ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. Cointegration and correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, V. 55, p. 251-276, Mar. 1987.
- ENGLE, R. F.; KRONER, K. F. Multivariate simultaneous GARCH. *Econometric Theory*, V. 11, Nº 1, p. 122-150, 1995.
- ENGLE, R. Dynamic Conditional Correlation: a simple class of multivariate GARCH Models. *Journal of Business and Economic Statistics*, V. 20, p. 339-350, 2002.
- FAMA, E. F. (1984). "Forward and Spot Exchange Rates". *Journal of Monetary Economics*, 14, 319-338.
- GARCIA, M.; OLIVARES, G. (2001). "O Prêmio de Risco da Taxa de Câmbio no Brasil durante o Plano Real".
- GASTINEAU, G. L.; MARK P. K. *Dicionário de Administração de Risco Financeiro. BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros)*, 2000.
- GRAMMATIKOS, T.; SAUNDERS, A. Stability and the hedging performance of foreign currency futures. *The Journal of Futures Markets*, V. 3, Nº 3, p. 295-305, Fall 1983.
- GRINBLATT, M.; TITMAN, S. "Financial Markets and Corporate Strategy. New York: McGraw Hill, 2002.
- HULL, J. C. *Opções, Futuros e Outros Derivativos. BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros)*, 1996.
- JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, V. 12, p. 231-254, 1988.
- JOHANSEN, S. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, V. 59, p. 1551-1580, 1991.
- JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, V. 52, p. 169-210, 1990.
- JOHNSON, L. L. The theory of hedging and speculation in commodity futures. *Review of Economic Studies*, V. 27, p. 139-151, 1960.
- KRONER, K. F.; SULTAN, J. Time-varying distributions and dynamic hedging with foreign currency futures. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, V. 28, Nº 4, p. 535-551, Dez. 1993.
- KWOK, C. C. Y. Hedging foreign exchange exposures: independent versus integrative approaches. *Journal of International Business Studies*, V. 18, Nº 2, p. 33-51, Summer 1987.
- LIEN, D; TSE, Y. K.; TSUI, A. K. C. Evaluating the hedging performance of the Constant Correlation GARCH model. *Applied Financial Economics*, V. 12, Nº 11, 2002.

- MARKOWITZ, H.; Portfolio selection. *Journal of Finance*, V. 7, n.º 1, Mar. 1952.
- McCURDY, T. H.; MORGAN, I. G. Tests of the martingale hypothesis for foreign currency futures with time-varying volatility. *International Journal of Forecasting*, V. 3, p. 131-148, 1987.
- McCURDY, T. H.; MORGAN, I. G. Testing the martingale hypothesis in Deutsche Mark futures with models specifying the form of the heteroskedasticity. *Journal of Applied Econometrics*, V. 3, pp. 187-202, 1988.
- MYERS, R. J. Estimating time-varying optimal hedge ratios on futures markets. *The Journal of Futures Markets*, V. 11, Nº 1, p. 39-53, Fev. 1991.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Decreto 4.494. Brasília*, 12/2002. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/Quadro_2002.htm.
- PARK, T. H.; SWITZER, L. N. Time-varying distributions and the optimal hedge ratios for stock index futures. *Applied Financial Economics*, V. 5, Nº 3, p. 131-137, Jun. 1995.
- SAUNDERS, A. “Administração de Instituições Financeiras”. São Paulo: Atlas, 2000.
- SECURATO, J. R. (Coord.). “Crédito: análise e avaliação do risco – pessoas físicas e jurídicas”. São Paulo: Saint Paul, 2002.
- SHARP, W. F.; GORDON, J.; Alexander. *Investments*. Prentice-Hall International Edition, 1990.
- STEIN, J. L. The simultaneous determination of spot and futures prices. *American Economic Review*, V. 51, Nº 5, p. 1012-1025, Dez. 1961.
- TONG, W. H. An examination of dynamic hedging. *Journal of International Money and Finance*, V. 15, Nº 1, p. 19-35, 1996.
- TSAY, R. S. “Analisis of Financial Time Series”. John Wiley & Sons, Inc. 2002.
- TSE, Y. K. A test for constant correlations in a multivariate GARCH model. *Journal of Econometrics*, V. 98, p. 107-127, 2000.
- VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. São Paulo: Atlas, 2000.
- WESTERFIELD, R. W.; ROSS, S. A. *Princípios de Administração Financeira*. Atlas, 2002.
- WHITE, H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, 1980.
- WOOLDRIDGE, J. *Introductory Econometrics: a modern approach*. EUA: Thomson, South-Western, 2003.
- WORKING, H. Futures trading and hedging. *American Economic Review*, V. 43, Nº 3, p. 314-343, Jun. 1953.

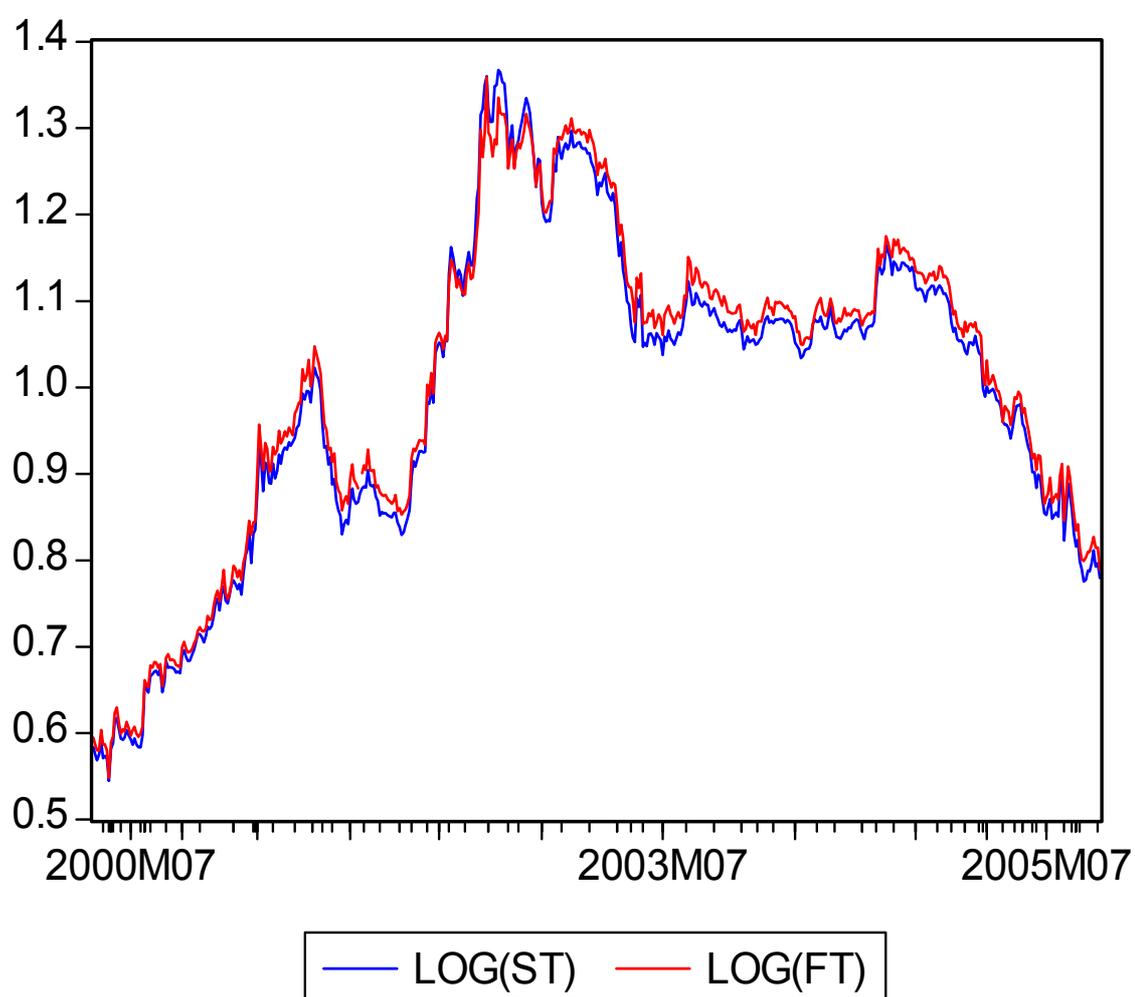
ANEXOS

ANEXO A – Representação gráfica das séries utilizadas para as análises econométricas.

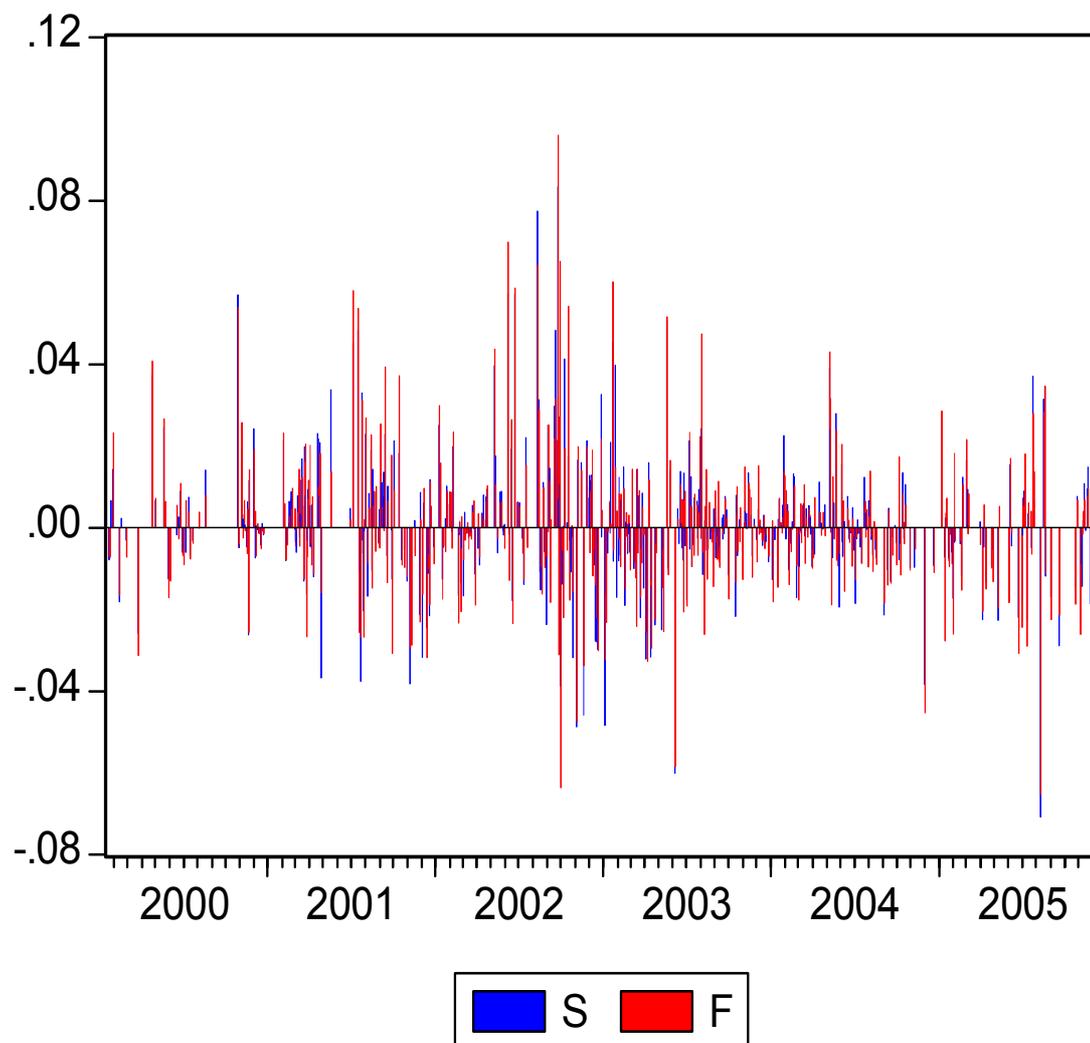
Séries de cotação de dólar à vista ST e dólar futuro FT



Séries logarítmicas de cotação de dólar à vista LOG(ST) e dólar futuro LOG (FT).



Séries dos retornos calculados entre as séries logarítmicas de cotação de dólar à vista S e dólar futuro F.



ANEXO B – Rotinas de programação no E-Views 5® utilizadas para a estimação das razões de *hedge*.

Estimação do Modelo Convencional, para a série f

'=====INÍCIO DO PROGRAMA=====

'Programa para calcular as razões de hedge pelo modelo convencional, para as séries f, ‘ guardando-a em uma matriz de resultados.

'Limpa área de trabalho

```
delete mat_*
delete eq_*
delete var*
delete se_*
```

'Ajusta a amostra para obter o tamanho máximo possível

```
smpl @all
```

'Determina o tamanho do workfile

```
series _temp = 1
!length = @obs(_temp)
scalar tam_inicial= @obs(_temp)
delete _temp
```

'Ajusta o tamanho da amostra (janela)

```
!ssize = 190
```

'Inicializa a matriz para armazenar as razões de hedge

```
matrix(tam_inicial-!ssize-1,8) mat_beta_conv1
```

'===== INÍCIO DO PROCESSO COM JANELAMENTO =====

'Executa a regressão para cada subamostra e armazena os resultados

'Início do laço - Define 320 iterações com janela móvel

```
for !i = 1 to !length-!ssize-1
```

'Ajusta a janela rolante para a subamostra de uma dada observação até “tamanho da amostra”
'(ssize) observações adiante

```
smpl @first+!i @first+!i+!ssize-1
```

'Estimação da equação de regressão simples $st = a + \beta f1t + et$

```
equation eq_conv1 !i.ls rs c rf
```

```
'Preenche a matriz de resultados para a série F
```

```
mat_beta_conv1(!i,1)=!i      'índice para informar qual iteração os dados se referem
mat_beta_conv1(!i,2)=@coefs(1) ' coeficiente alfa da equação da média
mat_beta_conv1(!i,3)=@coefs(2) ' beta MQO usando fl
mat_beta_conv1(!i,4)=@tstats(1) ' estatística t do coeficiente alfa
mat_beta_conv1(!i,5)=@tstats(2) ' estatística t do coeficiente beta
mat_beta_conv1(!i,6)=@r2      ' R2 da regressão
mat_beta_conv1(!i,7)=@se      ' erro-padrão da regressão
mat_beta_conv1(!i,8)=@f       ' estatística f
```

```
' Fim do laço janelamento
```

```
next
```

```
'===== FIM DO PROCESSO COM JANELAMENTO =====
```

```
'=====FIM DO PROGRAMA=====
```

Estimação do Modelo Convencional, para a série f – AR (1)

```
'=====INÍCIO DO PROGRAMA=====
```

```
'Programa para calcular as razões de hedge pelo modelo convencional – AR (1), para a série f, guardando-as em uma matriz de resultados.
```

```
'Limpa área de trabalho
```

```
delete mat_*
delete eq_*
delete var*
delete se_*
```

```
'Ajusta a amostra para obter o tamanho máximo possível
```

```
smpl @all
```

```
'Determina o tamanho do workfile
```

```
series _temp = 1
!length = @obs(_temp)
scalar tam_inicial= @obs(_temp)
delete _temp
```

```
'Ajusta o tamanho da amostra (janela)
```

```
!ssize = 190
```

```

'Inicializa as matrizes para armazenar as razões de hedge

matrix(tam_inicial-!ssize-1,16) mat_beta_conv1

'===== INÍCIO DO PROCESSO COM JANELAMENTO =====

'Executa a regressão para cada subamostra e armazena os resultados
'Início do laço - Define 320 iterações com janela móvel

for !i = 1 to !length-!ssize-1

'Ajusta a janela rolante para a subamostra de uma dada observação até “tamanho da amostra”
'(ssize) observações adiante

smpl @first+!i @first+!i+!ssize-1

'Estimação da equação AR (1) de regressão simples  $st = a + \beta f1t + \delta st-1$ 
equation eq_conv1_!i.ls rs c rf rs(-1)

'Preenche a matriz de resultados para a série F1

mat_beta_conv1(!i,1)=!i           'índice para informar qual iteração os dados se
referem
mat_beta_conv1(!i,2)=@coefs(1)    ' coeficiente alfa da equação da média
mat_beta_conv1(!i,3)=@coefs(2)    ' beta MQO usando f1
mat_beta_conv1(!i,4)=@coefs(3)    ' delta do AR1
mat_beta_conv1(!i,5)=@stderrs(1)  ' desvio do alfa
mat_beta_conv1(!i,6)=@stderrs(2)  ' desvio do beta
mat_beta_conv1(!i,7)=@stderrs(3)  ' desvio do delta
mat_beta_conv1(!i,8)=@covariance(1,2) ' Covariância alfa beta
mat_beta_conv1(!i,9)=@covariance(1,3) ' Covariância alfa delta
mat_beta_conv1(!i,10)=@covariance(2,3) ' Covariância beta delta
mat_beta_conv1(!i,11)=@tstats(1)  ' estatística t do coeficiente alfa
mat_beta_conv1(!i,12)=@tstats(2)  ' estatística t do coeficiente beta
mat_beta_conv1(!i,13)=@tstats(3)  ' estatística t do coeficiente delta
mat_beta_conv1(!i,14)=@r2         ' R2 da regressão
mat_beta_conv1(!i,15)=@se        ' erro-padrão da regressão
mat_beta_conv1(!i,16)=@f         ' estatística f

' Retorna a amostra original

' Fim do laço janelamento

next

'===== FIM DO PROCESSO COM JANELAMENTO =====

'=====FIM DO PROGRAMA=====

```