FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

JOÃO HENRIQUE PEREZ SANTOS

GESTÃO DE RISCO CAMBIAL NO AMBIENTE CORPORATIVO:

Aplicação da análise de componentes principais para a gestão do risco cambial em *Trading Companies* brasileiras

SÃO PAULO
2014

JOÃO HENRIQUE PEREZ SANTOS

GESTÃO DE RISCO CAMBIAL NO AMBIENTE CORPORATIVO:
Aplicação da análise de componentes principais para a gestão do risco cambial em *Trading Companies* brasileiras

Dissertação apresentada à Escola de Economia da Fundação Getulio Vargas (FGV/EESP) como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Campo de conhecimento: Finanças Corporativas

Orientadora: Profa. Dra. Mayra Ivanoff Lora

SÃO PAULO
2014

Santos, João Henrique Perez.
GESTÃO DE RISCO CAMBIAL NO AMBIENTE CORPORATIVO: Aplicação da análise de componentes principais para a gestão do risco cambial em *Trading Companies* brasileiras/ João Henrique Perez Santos. - 2014.
42 f.

Orientador: Mayra Ivanoff Lora
Dissertação (MPFE) - Escola de Economia de São Paulo.

1. Análise de componentes principais. 2. Hedging (Finanças). 3. Administração cambial. 4. Risco cambial. 5. Empresas comerciais exportadoras - Brasil. I. Lora, Mayra Ivanoff. II. Dissertação (MPFE) - Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 336.745

JOÃO HENRIQUE PEREZ SANTOS

GESTÃO DE RISCO CAMBIAL NO AMBIENTE CORPORATIVO:
Aplicação da análise de componentes principais para a gestão do risco cambial em *Trading Companies* brasileiras

Dissertação apresentada à Escola de Economia da Fundação Getulio Vargas (FGV/EESP) como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Campo de conhecimento: Finanças Corporativas

Data de aprovação:
___/___/____

Banca Examinadora:

_____
Profa. Dra. Mayra Ivanoff Lora (Orientadora)
FGV -EESP

_____
Prof. Dr. Hsia Hua Sheng (Co-Orientador)
FGV -EESP

_____
Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente
Insper-SP

DEDICÁTORIA

À minha esposa e meus pais, sem os quais nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, Profª Dra. Mayra Ivanoff Lora, pelo constante suporte, apoio e orientação ao longo desta jornada.

Ao Prof. Dr. Hsia Hua Sheng, pela co-orientação neste trabalho e suas contribuições constantes ao longo de minha formação acadêmica.

A ambos pela confiança depositada desde o inicio para que este trabalho pudesse ser realizado com sucesso.

Ao Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente pela honra concedida em ter aceitado o convite de fazer parte da banca examinadora.

Agradeço aos meus pais, pelo constante apoio e incentivo.

Agradeço a minha esposa pela compreensão e apoio ao longo dessa jornada.

Finalmente, agradeço a todos os familiares e amigos que sempre me incentivaram e auxiliaram para o resultado deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo busca analisar a adoção de técnicas de imunização de carteiras para a gestão dos hedges cambiais no ambiente corporativo de uma *Trading Company,* utilizando de forma pioneira a análise de componentes principais aplicada à curva cambial como uma alternativa aos modelos usualmente utilizados de hedge por exposição gerada (*back-to-back*) e *duration hedge* que mostram algumas deficiências em sua gestão. Para exemplificar a efetividade da estratégia de imunização foi gerada aleatoriamente uma carteira de exposição cambial com data base de 02/01/2013 composta por 200 transações com valores entre US$5 milhões e -US$10 milhões, para vencimentos também aleatórios entre 03/06/2013 e 01/12/2014 com vencimento no primeiro dia útil de cada mês. Os resultados da Análise de Componente Principais mostraram que para os períodos analisados de 1, 2 e 3 anos, os três primeiros componentes explicam respectivamente 97.17%, 97.90% e 97.53% da variabilidade da curva cambial. No que diz respeito à imunização da carteira, a estratégia que utiliza a metodologia de componentes principais mostrou-se altamente efetiva, quando comparadas à estratégia *back-to-back*, de forma a permitir a sua aplicabilidade no ambiente corporativo. A estratégia de hedge utilizando-se da Análise de Componentes Principais para 1, 2 e 3 anos e pelo *Duration Hedge* apresentaram uma efetividade de, respectivamente, 101.3%, 99.47%, 97.64% e 99.24% para o período analisado e uma amplitude na efetividade diária de 8.62%, 7.79%, 8.45% e 19.21% o que indica uma superioridade da estratégia em relação ao Duration Hedge. Os resultados obtidos nesse trabalho são de grande relevância para a gestão de risco corporativo no mercado local.

Palavras-Chave: *Corporate Hedge*, Análise de Componentes Principais, Imunização, *Hedge* Cambial, *Trading Company.*

ABSTRACT

The present paper aims at analyzing the adoption of portfolio immunization techniques for the FX hedge management in the corporate environment of a Trading Company using in a pioneering way the Principal Component Analysis applied to the FX curve as an alternative to the frequently used models of hedge using back-to-back and duration-hedge strategies which show some deficiencies on its management. To exemplify the effectiveness of the immunization strategy, it was created a random portfolio of FX exposures dated at 02/01/2013 that comprised 200 transactions with notional between US$5 million and –US$10 million, for maturities also aleatory between 03/06/2013 and 01/12/2014 maturing on the first business day of each month. The results of the Principal Component Analysis showed that for the 3 periods analyzed, 1,2 and 3 years, the first three components explained, respectively, 97.17%, 97.90% e 97.53% of the variability of the FX curve. With respect to the portfolio immunization, the strategy that used the principal component methodology seemed to be extremely effective, when compared to the back-to-back strategy, allowing it to be used in the corporate environment. The hedge strategy using the Principal Component Analysis for 1, 2 and 3 years and the Duration Hedge strategy showed an effectiveness of, respectively, 101.3%, 99.47%, 97.64% and 99.24% for the period of analysis and an amplitude on its daily effectiveness of 8.62%, 7.79%, 8.45% e 19.21%, which shows a superiority of the strategy when compared to the Duration Hedge. The results obtained from this paper are of great relevance for the corporate risk management in the local market.

Keywords: *Corporate Hedge, Principal Component Analysis, Immunization, FX Hedge, Trading Company.*

Sumário

1 - Introdução.....9

2 - Revisão Bibliográfica.....11

2.1 - *Corporate Hedge* 11

2.2 - Paridade Coberta de Juros – Construção da Curva Cambial 12

2.3 - *Duration* 13

2.4 - Imunização.....14

2.5 - Análise de Componentes Principais 15

3 - Dados e Metodologia 19

3.1 - Análise de Componentes Principais 21

3.2 – Construção da Carteira de Imunização.....21

3.2.1 – Modelo de 3 fatores para a Curva Cambial 21

3.2.2 – Exposição Cambial 22

3.2.3 – Avaliação da Efetividade.....23

3.2.4 – Composição da carteira de imunização 24

4 - Resultados.....24

4.1 – Análise de Componentes Principais da Curva Cambial *(*Carry*)*.....25

4.2 – Imunização por meio da Análise de Componentes Principais 27

5 - Conclusões.....28

6 – Apêndice 30

6.1 – Descrição dos Contratos.....30

6.1.1 - Contrato Futuro de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI).....30

6.1.2 – Cupom Cambial Sujo (DDI) e Cupom Cambial Limpo - FORWARD RATE AGREEMENT DE CUPOM CAMBIAL (FRA).....31

6.2 – Análise de Componentes Principais (ACP).....32

6.2.1 – Curva a termo de taxas de juros doméstico (DI).....32

6.2.2 – Curva a termo de cupom cambial (FRA).....34

6.3 – Imunização por meio da Análise de Componentes Principais 37

7 - Referências Bibliográficas 41

1 - Introdução

O ambiente de tesouraria corporativa no mercado nacional, ao longo dos últimos anos, tem aumentado o grau de profissionalização em sua gestão de riscos, especialmente após a crise do *subprime* em 2008, em que diversas companhias locais mostraram sua fragilidade de controles que resultaram em enormes perdas. Nesse cenário, a adoção de técnicas de imunização, até então presentes apenas na gestão de risco bancária, mostra-se uma alternativa àquelas empresas que possuem um grande dinamismo em suas operações para gerir o risco cambial de suas atividades.

O objetivo deste estudo é analisar a adoção de técnicas de imunização de carteiras para a gestão dos hedges cambiais no ambiente corporativo de uma *Trading Company,* utilizando de forma pioneira a aplicação da análise de componentes principais à curva cambial.

Trading Companies que atuam no Brasil necessitam fazer o hedge de suas operações de compra de *commodities* para exportação. O modelo de gestão da exposição das companhias é diversificado, porém, essencialmente, consiste em proteger os riscos de moedas e preço do ativo objeto. O processo usual consiste na adoção de hedge de *commodity*, geralmente negociada no mercado global tendo o dólar americano como moeda base. Nesse cenário, dado que a aquisição das mercadorias no mercado doméstico é feita utilizando como moeda base o Real, as empresas se defrontam com uma exposição cambial distinta em função de sua moeda funcional. Caso esta seja o Real, a empresa necessita proteger a variação cambial da venda futura da *commodity*, já no caso em que a moeda funcional é o dólar americano, a empresa terá como exposição o custo em Reais para adquirir a mercadoria.

Tal diferenciação na exposição será responsável pela alocação do hedge a ser adotado pela companhia, sendo que no primeiro caso os derivativos são alocados para um prazo posterior, devido ao período entre a aquisição e venda da mercadoria. Para o presente estudo adotar-se-á como base uma empresa que possui o dólar americano como sua moeda funcional, deste modo, necessitará proteger a data de pagamento em Reais das compras de *commodities*.

Os modelos usualmente utilizados para a gestão do risco cambial no ambiente corporativo, como o hedge por exposição gerada (*back-to-back*) e *duration hedge*, mostram algumas deficiências em sua gestão, o primeiro pela necessidade de dezenas/centenas de operações para prazos distintos para montantes que muitas vezes são pouco representativos e o segundo pela comprovada ineficiência em proteger a exposição para mudanças não paralelas na curva cambial.

A adoção do modelo de gestão de riscos utilizando-se da análise de componentes principais permite a decomposição dos riscos existentes na curva cambial em três fatores que explicam a maioria da variação dos retornos em títulos de renda fixa, conforme introduzidos por Litterman e Scheinkman (1991), como sendo oscilações de nível, inclinação e curvatura. De forma complementar, este estudo tem por objetivo possibilitar a simplificação na gestão da exposição cambial utilizando uma estratégia de hedge que possua uma alta efetividade e que seja facilmente replicável e administrada por *Trading Companies*. Consequentemente, a adoção de tal estratégia visa facilitar a sua gestão diária através da redução no número de operações realizadas com o mercado para diversos vencimentos, uma vez que ao adotar o modelo de três fatores, apenas três vencimentos serão utilizados para permitir tal imunização.

No Brasil, o modelo de componentes principais já foi aplicado para análises do mercado de Juros – DI (Varga e Valli (2002), Barcinski (2002), Silveira e Bessada (2003)) e Cupom Cambial - FRA (Ferreira (2006)) de forma isolada, todavia, o presente trabalho busca adotar a análise de componentes principais para o mercado de dólar futuro, que é formado pela junção dos dois instrumentos previamente analisados, de acordo com o principio da paridade coberta de juros.

O segundo capítulo, que trata do referencial teórico, traz uma análise da gestão de riscos corporativos avaliando as recentes contribuições de Rossi (2013) e Sheng (2012) e discorre sobre a forma clássica de imunização de carteiras através do uso do conceito de *duration*, além de tratar do conceito de paridade coberta de juros como instrumental para a construção da curva futura de câmbio.

Em seguida, no terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia de análise de componentes principais e estudos previamente realizados no Brasil e exterior que utilizam de tal metodologia para avaliar o comportamento de diversos mercados e discorre-se sobre a metodologia aplicada, bem como as premissas utilizadas, para a

composição das curvas cambiais e simulações de exposição, além de tratar da estratégia de imunização adotada e os critérios para a avaliação de sua efetividade.

Por fim, no quarto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos e no quinto capítulo, as conclusões obtidas por meio desta tese.

2 - Revisão Bibliográfica

Neste capitulo é realizada uma análise da gestão de riscos corporativos como um ponto de partida para a discussão de imunização de carteiras, apresentada posteriormente em sua forma clássica através do uso de conceitos de *duration*. Em seguida, para a construção do modelo proposto de imunização de uma carteira cambial, é apresentado o conceito de paridade coberta de juros como instrumental para a construção da curva futura de câmbio. Por fim, apresenta-se a metodologia de análise de componentes principais e estudos previamente realizados no Brasil e exterior, aplicados a diversos mercados, que serão utilizados como base para a realização deste estudo.

2.1 - *Corporate Hedge*

Diversos autores tratam do tópico de gestão de riscos Corporativos e um dos principais dilemas existentes, tratado por diversos trabalhos, é “por que as empresas fazem hedge?”.

De acordo com Rossi (2013), desde a década de 80, muitos estudos realizados focaram em entender o real motivo pelo qual as empresas fazem hedge, entretanto, fatores como métricas utilizadas, setor analisado, período de análise e país tornam difícil uma generalização do real motivo pelo qual as empresas utilizam derivativos embora a maioria dos modelos assumam que o motivo pelo qual as empresas optam por utilizar derivativos é minimizar a volatilidade em seu fluxo de caixa.

Segundo Neuberger (1999), além de buscar a maximização da utilidade, o hedge corporativo tem outros objetivos, tais como minimizar a variância dos fluxos de caixa, lucro tributado ou ganhos contábeis, ou evitar riscos financeiros.

Segundo Kerkvliet e Moffett (1991), a finalidade do hedge é combinar os objetivos de reduzir o risco e aumentar o resultado esperado.

De acordo com Tufano (2001), a gestão de riscos em uma empresa é uma atividade que maximiza valor ao acionista já que existem imperfeições no mercado que não permitem que investidores, por si só, não consigam atingir de forma eficiente os mesmos objetivos. Neste trabalho, o autor, dentro outros exemplos, também evidencia a existência de conflitos de agência na gestão das empresas uma vez que gestores tendem a priorizar seus próprios interesses em detrimento dos acionistas quando sua remuneração é vinculada aos resultados da companhia. Neste caso, como forma de buscar um maior resultado para a companhia, os gestores podem, ao invés de proteger os riscos existentes, utilizar de suas percepções sobre o mercado para decidir sobre o melhor momento para proteger uma exposição já existente e, em muitos casos, gerar perdas expressivas aos acionistas, conforme diversos estudos já publicados.

Em função dos avanços apresentados, especificamente no mercado local, no que diz respeito à Governança Corporativa das empresas e a contribuição de Sheng (2012), de que devido ao crescimento no mercado de derivativos financeiros nos mercados emergentes a pressão dos acionistas para que as empresas mitiguem riscos relacionados a oscilações de mercado se tornou crescentes nos últimos anos, a premissa adotada para o presente trabalho é a de que a gestão de riscos tem por único objetivo preservar o fluxo de caixa da companhia e defender os interesses dos acionistas.

2.2 - Paridade Coberta de Juros – Construção da Curva Cambial

De acordo com Fama (1984), em um cenário em que há mobilidade de capital e os países podem acessar o mercado de dívida de forma global e, tomando-se como base a teoria da Paridade Coberta de Juros (PCJ), a relação entre a taxa de câmbio futura entre dois países é dada pelo diferencial de juros existente entre eles conforme a equação:

$$\frac{f_t^{ij}}{s_t^{ij}} = \frac{(1 + R_{it})}{(1 + R_{jt})} \quad (1)$$

onde:
f_t^{ij} = taxa de câmbio futura em unidades de moeda i por unidades de moeda j;
s_t^{ij} = taxa de câmbio spot em unidades de moeda i por unidades de moeda j;
R_{it} = taxa de juros nominal em t denominado na moeda i;
R_{jt} = taxa de juros nominal em t denominado na moeda j.

De acordo com Securato (2008), a construção da curva futura de câmbio para o mercado brasileiro é realizada tomando-se como base o mercado de juros local, dado neste caso pelo DI futuro (DI), respeitando-se o conceito de juros exponenciais em dias úteis em um ano de 252 dias úteis considerando-se os feriados locais. Para a taxa de juros de moeda estrangeira no mercado doméstico (r), dada pela equação abaixo, utiliza-se o Cupom Cambial (CC), obtido através da composição da taxa de juros básica em moeda estrangeira no mercado internacional adicionando-se a percepção dos investidores de que existem riscos envolvidos em operações no mercado Brasileiro, como o risco soberano, risco de conversão monetária e risco de desvalorização cambial dado pelo Risco País.

$$r = i^* + RB \quad (2)$$

onde:
r = taxa de juros em moeda estrangeira no mercado doméstico;
i* = taxa de juros em moeda externa;
RB = Prêmio pelo Risco País;

Para fins de cálculo de taxas de câmbio futuras, a convenção adotada no mercado local é o uso do FRA (*Forward Rate Agreement*) de Cupom Cambial, instrumento que elimina a volatilidade existente na taxa de câmbio e representa a taxa de juros em dólares a termo para aplicações no Brasil.

2.3 - *Duration*

O conceito de *duration,* introduzido por Macaulay (1938), buscava definir o prazo médio ponderado de um título levando em consideração o valor presente dos "*n*" fluxos futuros para a sua aplicação na proteção de carteiras de renda fixa em função da incerteza em relação à taxa de juros conforme equação abaixo:

$$D = \frac{\sum_{u=1}^{n} t * VP_u}{VP} = \frac{\sum_{u=1}^{n} t * \frac{FC_u}{(1+r)^t}}{\sum_{u=1}^{n} \frac{FC_u}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

onde:
D = *Duration* do título;
u = Número do fluxo de caixa do título sob análise de *u* = 1 até *n;*
t = Prazo a decorrer para cada fluxo de caixa;
FC_u = "*u*-esimo" fluxo de caixa;
VP_u = Valor presente do "*u*-esimo" fluxo de caixa do título;
VP = Valor presente total do título;
r = *yield-to-maturity* do título.

Entretanto, de acordo com Bierwag (1977), o conceito de *duration* possui algumas limitações na gestão do risco de uma carteira, dentre as quais: a *duration* só se mostra efetiva para pequenas variações na taxa de juros, mudanças não paralelas na estrutura a termo da taxa de juros não são capturadas pela *duration*. Neste caso, mudanças na convexidade da estrutura de juros ou em sua inclinação não serão capturadas.

2.4 - Imunização

O conceito de imunização, segundo Bodie et al (2010), diz respeito ao uso de um ativo ou carteira que neutralize o risco de choques nas taxas de juros da exposição incorrida pelo investidor.

Muitas são as metodologias de imunização utilizadas no mercado, entretanto, a mais difundida é o uso do *duration hedge*, que aplica o conceito previamente discutido para gerar uma carteira que possa neutralizar a exposição a movimentos na taxa de juros. No entanto, conforme previamente demonstrado, o *duration* possui limitações em proteger a carteira para movimentos na inclinação ou convexidade. Dessa forma, apresentar-se-á em seguida uma alternativa de metodologia através da Análise de Componentes Principais para a criação de uma carteira de imunização aplicada à gestão do risco cambial em *Trading Companies*.

2.5 - Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais (ACP) utiliza a transformação ortogonal dos dados para converter um conjunto de observações de variáveis possivelmente correlacionadas a um conjunto de valores de variáveis linearmente não correlacionadas, os chamados componentes principais. A transformação é realizada de forma que o primeiro componente principal tem a maior variância possível e os demais componentes possuem a máxima variância sob a restrição de ortogonalidade em relação aos componentes anteriores.

De acordo com Alexander (2001), a ACP tem como um dos principais objetivos reduzir a dimensionalidade da amostra de forma que apenas as fontes mais importantes de informação sejam consideradas e os primeiros componentes expliquem a maior parte da variação das variáveis originais.

A aplicação da ACP para a análise da estrutura a termo de taxa de juros tem em Litterman e Scheinkmann (1991) seus principais precursores que identificaram que três fatores são capazes de explicar 98.4% da variabilidade das taxas de *zero-bonds* no mercado americano e, além disso, identificaram quais atributos da curva de juros são relacionados a cada um dos três fatores: nível, inclinação e curvatura.

O primeiro fator, nível, expressa os movimentos paralelos na estrutura a termo de juros, ou seja, choques aleatórios produzem um deslocamento paralelo da curva de juros permitindo que, por exemplo, o hedge por *duration* de uma carteira seja efetivo.

O segundo fator, inclinação, expressa que choques aleatórios produzem um efeito distinto ao longo da curva, ou seja, os efeitos no curto e longo prazo são distintos, o que faz com que a inclinação da estrutura a termo seja modificada.

O terceiro fator, curvatura, expressa que choques positivos na estrutura a termo, por exemplo, produzem um efeito de aumento de juros no curto e longo prazo, porém reduzem os juros de médio prazo, gerando, assim, alterações na convexidade ou concavidade da curva de juros.

No mercado brasileiro, diversos estudos foram realizados, cabendo destaque para os trabalhos de Bressan et al (2007), que analisaram o comportamento da curva de juros formada pelas Letras do Tesouro Nacional (LTNs) para o período de Janeiro de 2001 a Abril de 2007, no qual os três componentes explicaram

aproximadamente 94% das variações nas taxas de juros. Além desse estudo, Silveira e Bessada (2003), analisando contratos de swap e de DI futuro, e Varga e Valli (2002), analisando o comportamento das taxas de swap PréxDI da BM&F, também encontraram resultados relevantes.

Outro estudo que merece destaque no mercado brasileiro é o realizado por Rochman et al (2006) que aplicaram a Análise de Componentes Principais para a curva de Cupom Cambial existente no mercado local. Utilizando-se da mesma abordagem feita pelos demais autores, os autores encontraram resultados superiores a 94% para os períodos analisados.

As Tabelas 1 e 2 abaixo resumem, respectivamente, os estudos relacionados com a aplicação da ACP realizados no exterior e no mercado brasileiro e demonstram os resultados obtidos em cada análise.

Autores	Ano Publicação	Metodologia	Amostra	Resultados Obtidos
Alexander, C.	2001	• 1ª diferença	Dados mensais de taxas *zero-coupon* semianualizadas dos Estados Unidos para o período entre 1944 e 1992.	• 1º comp: 78,6% • 2º comp: 11,7% • 3º comp: 3,5% • 3 primeiros comp: 93,8%
	2001	• 1ª diferença de duas curvas diferentes	Dados diários entre 1º de janeiro de 1992 e 24 de março de 1995 para 10 vencimentos da curva de juros norte-americana e 11 vencimentos da curva de juros inglesa.	• 1º comp: 71,29% • 2º comp: 24,7% • 3º e 4º comp: 3%
	2001	• 1ª diferença de preços	Preços futuros do NYMEX *sweet crude oil* de 1 a 12 meses para o período entre 4 de fevereiro de 1993 a 24 de março de 1999.	• 1º comp: 96%
Barber, J.; Copper M.	1996	• 1ª diferença	Dados entre Janeiro de 1985 e Agosto de 1988 de 38 instrumentos que representam 5 diferentes setores. Em cada setor os autores selecionaram entre 4 e 9 instrumentos genéricos entre o menor e o maior vencimento disponível até um ano (retornos semanais).	• 1º comp: 81% • 2º comp: 12% • 3º comp: 4% • 4º comp: 1%
Litterman, R.; Scheinkman, J.; Knez, P.	1994	• Modelo de 3 fatores • Exclusão da *T-Bill* de 1 mês	Dados entre Janeiro de 1985 e Agosto de 1988 de 38 instrumentos que representam 5 diferentes setores. Em cada setor os autores selecionaram entre 4 e 9 instrumentos genéricos entre o menor e o maior vencimento disponível até um ano (retornos semanais).	• 1º comp: 73% da variação explicada • 2º comp: 12% da variação explicada • 3º comp: 15% da variação explicada • 3 componentes: 86% da variação total

Litterman, R.; Scheinkman, J.	1994	• Modelo de 4 fatores • Exclusão da *T-Bill* de 1 mês	Dados entre Janeiro de 1985 e Agosto de 1988 de 38 instrumentos que representam 5 diferentes setores. Em cada setor os autores selecionaram entre 4 e 9 instrumentos genéricos entre o menor e o maior vencimento disponível até um ano (retornos semanais).	• 4 componentes: 90% da variação total
	1991	• Modelo de 3 fatores • Retorno em excesso • *Zero-bonds*	*Zero-bonds*.	• 1º comp: 89.5% da variação explicada • 2º comp: 8.5% da variação explicada • 3º comp: 2% da variação explicada • 3 componentes: 98.4% da variação total
	1991	• Modelo de 3 fatores • Retorno em excesso • *Coupon-bonds*	Preços semanais (toda quarta-feira) de 22 de fevereiro de 1984 a 17 de agosto de 1988, retirados das cotações das 15:00hs da Goldman Sachs.	• 3 componentes: 97% da variação total

Tabela 1. Estudos sobre ACP realizados no exterior
Fonte: Rochman et al (2006)
Nota: Dados trabalhados pelo autor

Autores	Ano Publicação	Metodologia	Amostra	Resultados Obtidos
Brito, R. S. P.	2011	• Modelo Dinâmico de Legendre	Cotações da série histórica da estrutura a termo de taxa de juros para títulos públicos extraídos das taxas indicativas das Notas do Tesouro Nacional Serie B – NTN-B, publicadas pela ANBIMA, que são indexadas ao índice IPCA de inflação. A amostra utilizada inicia-se em 01/03/2007 até 19/04/2010.	• 1º comp: 65,7% • 2º comp: 27,6% • 3º comp: 3,6%
Bressan, A. A. et al	2007	• Variação da taxa • Interpolação por *cubic spline*.	Cotações da série histórica da estrutura a termo de taxa de juros para títulos públicos extraídos das taxas indicativas das Letras do Tesouro Nacional – LTN, publicadas pela ANBIMA, para vencimentos até três anos (756 dias úteis). A amostra utilizada inicia-se em 02/01/2001 até 09/04/2007 totalizando 1575 observações com sete vértices.	• 1º comp: 70,0% • 2º comp: 18,0% • 3º comp: 6,3%

Rochman, R. R; Ferreira, L.; Dana, S.	2006	• Variações diárias das taxas • Transformação das taxas lineares 360 dias corridos para exponencial 252 dias úteis • *Splines* interpolantes	Cotações de ajuste do contrato de FRA de cupom cambial da BM&F BOVESPA entre 02/01/2002 e 29/12/2005. Com base nos dados de taxas a termo disponíveis foi estimada a estrutura a termo de taxas de cupom cambial para os vértices entre 21 e 756 dias da data do vencimento do primeiro contrato de DDI, com intervalos de 21 dias entre cada vértice.	• Estudo realizado para 3 períodos analisando os 3 primeiros componentes: • 1 ano, representam 98,2% da variação total • 2 ano, representam 94,6% da variação total • 3 ano, representam 95,4% da variação total
Almeida, C.; Duarte, A.; Fernandes, C.	2003	• Modelo Dinâmico de Legendre	Estrutura a termo do mercado de *Brady Bonds* brasileiros para o período entre 13/10/1999 e 11/10/2000	• 1º comp: 54,7% • 2º comp: 32,3% • 3º comp: 13%
Almeida, C.; Duarte, A.; Fernandes, C.	2003	• Modelo Dinâmico de Legendre	Estrutura a termo do mercado de *Global Bonds* brasileiros para o período entre 13/10/1999 e 11/10/2000	• 1º comp: 61% • 2º comp: 8% • 3º comp: 31%
Oliveira, A.	2003	• Extensão das taxas *forward* para até 2 anos • Variações diárias das taxas	Taxas de referência da Bolsa de Mercadorias e Futuros para o período que compreende 01/07/1999 a 30/12/2002 (DI). Taxas para 21, 42, 63 e 121 dias úteis.	• 1º comp: 64,22% • 3 e 1ºs comp: 92,65%
Silveira , G.; Bessada, O.	2003	• Leva em consideração a estrutura funcional dos dados sendo analisados • *Splines* interpolantes • *Spreads*	3 primeiros vencimentos de DI futuro e taxas de *swap* para 6, 12, 24 e 36 meses para o período 16/07/1999 a 28/05/2001	• as três componentes principais acima não diferem, relativamente à sua interpretabilidade, daquelas obtidas segundo técnicas mais tradicionais de análise multivariada em contextos similares
Barcinski, A.	2002	• Diferença entre os juros anuais de 'abertura' e de 'fechamento' para diversos prazos de vencimento • Interpolação linear	Variação das taxas de juros diárias de nove maturidades distintas: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias úteis, utilizando dados de janeiro de 1999 até meados de janeiro de 2000 do mercado de DI.	• 1º comp: significante para todas as maturidades, com poder explanatório maior para maturidades mais longas • 2º comp: não significativamente diferente de zero para maturidades mais longas • 3º comp: não significativamente diferente de zero para maturidades de 40, 100 e 120 dias úteis
Varga , G.; Valli, M.	2002	• Variação da taxa	Taxas prefixadas implícitas em *swaps* PrexDI BM&F BOVESPA, com prazo de até 1 ano, abrangendo o período entre 02/01/1995 a 06/07/1999 (para	• 3 fatores explicam 94,3% dos movimentos da estrutura a termo de taxa de juros no Brasil

			cada dia, os autores construíram uma ET com 12 taxas com intervalos de aproximadamente um mês)	

Tabela 2. Estudos sobre ACP no mercado doméstico
Fonte: Rochman et al (2006)
Nota: Dados trabalhados pelo autor

3 - Dados e Metodologia

O estudo analisa inicialmente o comportamento da estrutura a termo de taxa de juros doméstica através da análise dos contratos disponíveis de juros futuros da BM&F BOVESPA (DI) e de Cupom Cambial (FRA), conforme especificações descritas no Apêndice, para, posteriormente, combiná-las de forma a se construir uma estrutura a termo de taxas de câmbio de forma sintética permitindo, assim, adotar uma análise de componentes principais para a curva cambial por meio do estudo dos *forward points* na forma de uma taxa de *carry* anualizada na base exponencial com 252 dias úteis, conforme calendário brasileiro de feriados.

Dessa forma, para a realização do estudo, foi utilizada uma serie de cotações de ajustes diários dos contratos de FRA (*Forward Rate Agreement*) de cupom cambial e DI (Juros Futuros) da BM&F BOVESPA obtidos do terminal Bloomberg.

A amostra compreende dados de 02/01/2010 ate 31/12/2012 para todos os vencimentos disponíveis diariamente.

Para tornar possível a análise dos componentes principais para a amostra em questão, adotou-se uma transformação das taxas de FRA, que são negociadas em base linear anualizadas por 360 dias corridos, para uma taxa exponencial anualizada por 252 dias úteis, de forma a torná-las comparáveis as taxas de DI Futuro.

A partir dos dados obtidos, adotou-se uma interpolação cúbica dos vértices disponíveis de forma a construir uma estrutura a termo de taxas de cupom cambial e uma estrutura a termo de taxa de juros doméstica para os vértices entre 63 e 504 dias úteis com intervalos de 21 dias entre cada vértice analisado. O prazo mínimo de 63 dias úteis, representativo em dias úteis ao prazo de 3 meses, foi escolhido pois representa o menor prazo em meses em que é garantida a existência de um contrato de FRA disponível no mercado. Com relação ao prazo máximo de 2 anos, tal escolha busca contemplar o prazo máximo de necessidade de hedge futuro das

Trading Companies para a sua atividade de originação de *commodities* no mercado doméstico.

Para a construção da curva cambial para os mesmos vértices, adotou-se como parâmetro, segundo o conceito de paridade coberta de juros, que o *carry* anualizado, com base exponencial em 252 dias úteis, é dado pela divisão dos fatores que determinam a taxa futura de câmbio para o mercado Brasileiro, conforme fórmula abaixo:

$$F_t = s * \frac{(1 + RD_t)^{\frac{n_{du}}{252}}}{\left\{1 + RI_t * \left(\frac{n_{dc}}{360}\right)\right\}} \quad (4)$$

onde:
F_t = Taxa de câmbio futura;
s = Taxa de câmbio *Spot*;
RD_t = Taxa de juros anualizada no mercado doméstico para a data t;
RI_t = Taxa de juros anualizada no mercado internacional para a data t;
n_{du} = Dias úteis (du) no mercado doméstico até o vencimento do contrato futuro
n_{dc}= Dias corridos (dc) no mercado internacional até o vencimento do contrato futuro;

Assumindo que para o modelo construído as taxas já estão anualizadas com base exponencial com 252 dias úteis, que a taxa livre de risco para o mercado local é dada pela curva de juros doméstica de DI e de acordo com o conceito introduzido por Frankel (1982), de que há a existência de um prêmio pelo risco cambial ao se decidir por um investimento em moeda externa no mercado local, é possível adotar a curva de Cupom Cambial como uma representação da taxa livre de risco para o mercado externo, temos que:

$$F_t = s * \frac{(1 + DI)}{(1 + FRA)} \quad (5)$$

Excluindo-se a base spot para se obter a taxa de juros anualizada embutida no contrato futuro de câmbio, conhecido como *carry,* tem-se:

$$Carry = \frac{(1 + DI)}{(1 + FRA)} - 1 \quad (6)$$

3.1 - Análise de Componentes Principais

Segundo Alexander (2001), a análise de componentes principais deve ser realizada utilizando-se dados estacionários, para tanto, neste estudo adotar-se-ão as diferenças lineares entre as taxas diárias interpoladas para cada um dos ativos e prazos analisados.

Dessa forma, com base nas curvas diárias de DI, FRA e Curva Cambial para os prazos de 1, 2 e 3 anos, calculou-se a diferença linear entre as taxas diárias interpoladas que posteriormente foram normalizadas para a realização dos cálculos de matriz de covariância, autovalores, autovetores, variâncias explicadas por cada um dos componentes bem como seus fatores. Tal análise foi realizada utilizando o *software* SPSS.

3.2 – Construção da Carteira de Imunização

Nesta seção apresentam-se a metodologia adotada para a construção de uma carteira de imunização através da Análise de Componentes Principais bem como os critérios e premissas adotadas para a criação das exposições aleatórias e avaliação da efetividade.

3.2.1 – Modelo de 3 fatores para a Curva Cambial

O modelo de imunização utilizado para este trabalho baseia-se no artigo de Varga e Valli (2002) para 3 fatores e irá analisar apenas o comportamento da Curva Cambial visando comparar o modelo proposto com duas formas distintas adotadas por empresas para a realização de hedge: o hedge por operação (*back-to-back*) em que cada exposição gerada requer a contratação de um derivativo para a data do contrato firmado e o hedge por *duration* que se utiliza do cálculo do *duration* para formar uma carteira de imunização que possua o mesmo prazo médio das obrigações contratadas.

Segundo Varga e Valli (2002), a multiplicação da matriz de autovetores pela raiz quadrada dos seus autovalores produz uma matriz de variação nas taxas normalizadas para o choque de um desvio padrão nos componentes principais.

Utilizando-se do SPSS, tal resultado é obtido através da saída de fatores apresentados como Matriz de Componente.

De posse de tais informações, reconstituem-se três diferentes Curvas Cambiais diárias para os períodos analisados, sendo cada uma delas deslocada por choques de um desvio padrão em cada um dos componentes principais.

Após a reconstrução da curva para os diversos choques, criou-se uma nova curva para o choque em cada um dos componentes, bem como a curva real de mercado para as taxas futuras de câmbio.

Todos os cálculos realizados até esta etapa foram feitos utilizando-se o *carry* das taxas de câmbio, entretanto, para o cálculo da imunização, mostra-se mais efetiva a apresentação dos dados em forma de taxas de câmbio para comparar as diversas estratégias adotadas e, para tanto, reconstruiu-se a curva cambial através das taxas de *carry* calculadas utilizando-se como ponto inicial a taxa de ajuste divulgada pela BMF&BOVESPA do contrato futuro de câmbio com vencimento mais próximo, desconsiderando-o caso o vencimento seja o próprio dia de análise e tomando o contrato seguinte nestes casos conforme fórmula:

$$F_t = F^* * (1 + Carry_t)^{\frac{(n_{du,t} - n_{du,F^*})}{252}} \quad (7)$$

onde:
F_t= Taxa *forward* com vencimento em t;
F^* = Taxa de ajuste divulgada pela BMF&BOVESPA do contrato futuro de câmbio com vencimento mais próximo desconsiderando-o caso o vencimento seja o próprio dia de análise e tomando o contrato seguinte nestes casos;
$Carry_t$ = *Carry* anualizado para um contrato de câmbio com vencimento em t;
$n_{du,t}$= Dias úteis no mercado doméstico da data de análise até a data t;
n_{du,F^*} = Dias úteis no mercado doméstico da data de análise até a data de vencimento de F^*.

3.2.2 – Exposição Cambial

Dessa forma, para se testar a efetividade do modelo de imunização foi gerada aleatoriamente - utilizando-se uma distribuição uniforme discreta através de função existente no *software* Excel com valores entre US$5 milhões e –US$10 milhões - uma carteira de exposição cambial com data base de 02/01/2013 composta por 200 transações, para vencimentos também aleatórios, que foi construída, também,

através de uma distribuição uniforme com valores ranqueados entre 1 e 19 para representar o primeiro dia útil de cada mês para o período entre 03/06/2013 e 01/12/2014. O período de análise do comportamento das diversas estratégias de imunização é de 02/01/2013 até 28/02/2013. Tais premissas foram adotadas de forma a simular a gestão diária de uma *trading company*.

A gestão do risco da carteira foi administrada através de contratos de *NDFs* e, portanto, a exposição diária de cada um dos contratos gerados aleatoriamente foi marcada a mercado como tal:

$$MtM = \frac{(F_{ti} - F_{t0}) * Nocional_{USD}}{(1 + r_{it})^{\frac{n_{du}}{252}}} \quad (8)$$

onde:
MtM = Marcação a mercado do Derivativo;
F_{ti} = Taxa *forward* na data i para o contrato com vencimento em t;
F_{t0} = Taxa *forward* contratada na data 0 com vencimento em t;
$Nocional_{USD}$ = Valor Nocional contratado expresso em US$;
r_{it} = Taxa de juros anualizada em R$ para o vencimento do contrato futuro na data i para o contrato com vencimento em t;
n_{du} = Dias úteis no mercado doméstico da data de análise até a data t.

3.2.3 – Avaliação da Efetividade

O cálculo da efetividade das diferentes estratégias de imunização foi realizado de forma diária comparando o resultado obtido pelo modelo proposto com o resultado que seria obtido através do uso da estratégia de *back-to-back,* que é a condição de hedge completo conforme definida por Tufano (2001), e que será representada pela equação abaixo:

$$Efetividade = \frac{MtM_{imun\ x}}{MtM_{btb}} \quad (9)$$

onde:
$MtM_{imun\ x}$ = MtM produzido ao se adotar a estratégia de imunização “x” (*Duration* ou 3 fatores);
MtM_{btb} = MtM produzido ao se adotar a estratégia de imunização *back-to-back.*

3.2.4 – Composição da carteira de imunização

Utilizando-se do mesmo modelo de imunização também adotado por Ferreira (2006), a composição da carteira de imunização que deverá ser formada diariamente, de forma que o efeito dos choques dos componentes principais no valor de mercado da carteira seja igual ao efeito do choque dos componentes principais no valor de mercado da carteira de *NDFs,* é obtida por meio da resolução da equação matricial:

$$\begin{bmatrix} \Delta VMF_{x_1;\,CP1} & \Delta VMF_{x_2;\,CP1} & \Delta VMF_{x_3;\,CP1} \\ \Delta VMF_{x_1;\,CP2} & \Delta VMF_{x_2;\,CP2} & \Delta VMF_{x_3;\,CP2} \\ \Delta VMF_{x_1;\,CP3} & \Delta VMF_{x_2;\,CP3} & \Delta VMF_{x_3;\,CP3} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} QF_{x_1} \\ QF_{x_2} \\ QF_{x_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta VMC_{CP1} \\ \Delta VMC_{CP2} \\ \Delta VMC_{CP3} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Onde:
$\Delta VMF_{x;\,CPy}$ = Variação no valor de mercado de um contrato de *NDF* com vencimento em x_1, x_2 e x_3 decorrente do choque de um desvio padrão no "y-ésimo" componente principal (CP);
QF_x= Valor Nocional em US$ dos contratos de *NDFs* com vencimento em x_1, x_2 e x_3 que iguala o efeito no valor de mercado da carteira de *NDFs* ΔVMF decorrente no choque nos três primeiros componentes principais (CP).ao efeito no valor de mercado da carteira de *NDFs* decorrente do mesmo choque;
ΔVMC_{CPy} = Variação no valor de mercado da carteira de *NDFs* decorrente do choque de um desvio padrão no "y-ésimo" componente principal (CP).

Para o trabalho em questão, adotou-se de forma arbitraria que X_1, X_2 e X_3 serão respectivamente 01/07/2013, 02/01/2014 e 01/07/2014.

4 - Resultados

Neste capítulo apresentar-se-ão os resultados da Análise de Componentes Principais aplicados para a Curva Cambial para os prazos de 1, 2 e 3 anos, os resultados que replicam os estudos previamente realizados para as curvas diárias de DI e FRA encontram-se no Apêndice. Em seguida são apresentados os resultados obtidos pela estratégia de imunização da curva cambial através do uso de Componentes Principais e comparando-a com os resultados obtidos pela adoção de outras estratégias frequentemente utilizadas.

4.1 – Análise de Componentes Principais da Curva Cambial *(*Carry*)*

Por meio da metodologia apresentada no capitulo anterior, a grande contribuição esperada através deste trabalho através da análise de componentes principais aplicados à curva cambial apresentou resultados semelhantes aos obtidos por estudos anteriores realizados no Brasil e Exterior.

Na Tabela 3 abaixo é possível observar que para os períodos analisados, os três primeiros componentes explicam respectivamente 97.17%, 97.90% e 97.53% da variabilidade da curva cambial.

Curva Cambial	1 Ano		2 Anos		3 Anos	
Componente	Var.	Var. Acum.	Var.	Var. Acum.	Var.	Var. Acum.
1	86,43%	86,43%	89,58%	89,58%	87,76%	87,76%
2	9,20%	95,63%	7,01%	96,60%	8,09%	95,85%
3	1,55%	**97,17%**	1,31%	**97,90%**	1,68%	**97,53%**
4	0,96%	98,13%	0,70%	98,60%	0,79%	98,32%
5	0,67%	98,81%	0,44%	99,04%	0,50%	98,83%
6	0,45%	99,25%	0,35%	99,39%	0,42%	99,25%
7	0,34%	99,59%	0,27%	99,66%	0,33%	99,57%
8	0,22%	99,81%	0,17%	99,82%	0,21%	99,79%
9	0,11%	99,92%	0,11%	99,93%	0,13%	99,92%
10	0,06%	99,98%	0,05%	99,98%	0,06%	99,98%
11	0,02%	99,99%	0,01%	100,00%	0,02%	99,99%
12	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
13	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
14	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%

Tabela 3 - Variância explicada por cada componente principal (Var.) e Variância acumulada (Var. Acum.) para os períodos analisados - Curva Cambial
Fonte: Elaboração Própria

Adicionalmente, analisando os gráficos de 1 a 3 é possível observar que os três componentes principais podem ser interpretados da mesma forma como Litterman e Scheinkman (1991) definiram como sendo nível, inclinação e curvatura.

Dado que a composição da curva cambial é dada pela junção da curva de juros doméstica (DI) e curva de cupom cambial (FRA), o comportamento do segundo componente apresenta um resultado semelhante aos anteriormente obtidos e podem ser interpretados como a combinação dos fatores discutidos no Apêndice para tais curvas. Todavia, cabe ressaltar que se o comportamento de *backwardation* das

curvas de DI e FRA tivessem magnitude significativamente distinta, o mesmo poderia não ser observado na curva cambial, dada a divisão entre os fatores obtidos para cada uma das taxas. Neste caso, porém, o comportamento foi semelhante e a condição de *backwardation* da curva cambial foi observada ao longo do período de análise.

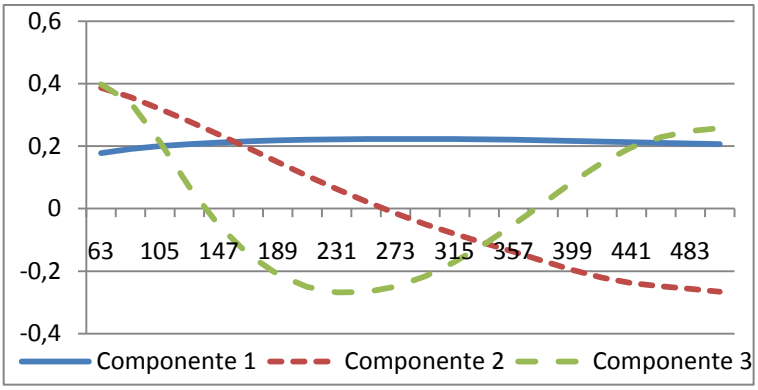

Gráfico 1 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva Cambial de 3 anos (Jan/2010 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

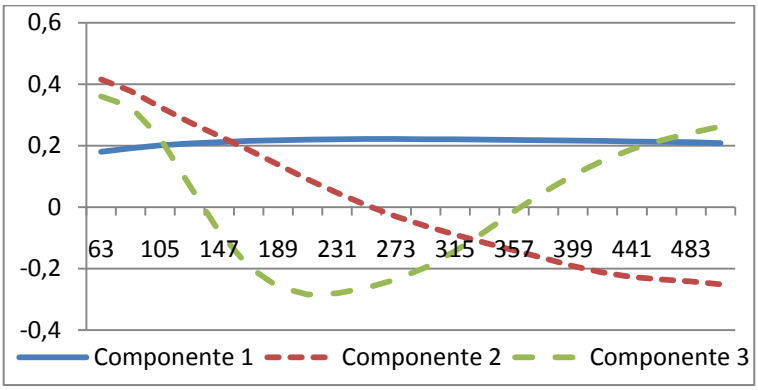

Gráfico 2 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva Cambial de 2 anos (Jan/2011 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

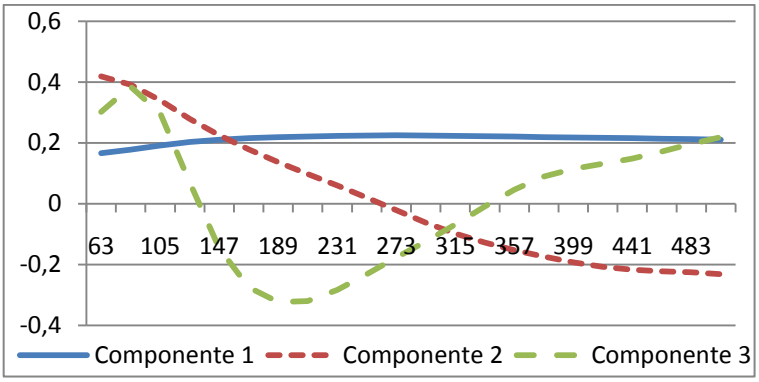

Gráfico 3 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva Cambial de 1 ano (Jan/2012 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

4.2 – Imunização por meio da Análise de Componentes Principais

A carteira produzida aleatoriamente em 02/01/2013 com 200 operações, conforme critérios previamente apresentados, possui uma exposição consolidada no valor de - US$ 494.205.909,00 e uma *duration* de 288 dias.

Aplicando-se a metodologia apresentada em 3.2.2, é possível construir três diferentes cenários, levando em consideração o período de análise para os componentes principais, para compor a carteira diária de imunização para os três vencimentos escolhidos conforme apresentado nas Tabelas de 7 a 9 no Apêndice.

Foram realizadas, inicialmente, 3 operações no mercado e diariamente foram feitos pequenos ajustes no valor nocional de cada um dos 3 vencimentos previamente escolhidos para a estratégia de forma a adequar a composição da carteira de *hedge* em função dos parâmetros obtidos através da técnica de imunização por meio de componentes principais. Nesse contexto, no período de análise foram realizadas 114 operações no mercado, entretanto, apenas para 3 vencimentos distintos contra 200 operações com 19 vencimentos distintos da exposição originária que seria coberta através da estratégia *back-to-back*.

De acordo com as composições apresentadas e adotando uma estratégia alternativa de imunização através do hedge por *duration* foram criadas 4 carteiras de imunização, conforme Tabela 4, e os resultados obtidos indicam que o uso da estratégia de imunização por componentes principais para o período de 2 anos, em que os 3 fatores conjuntamente apresentam o maior índice de explicação da variância da curva cambial, mostra-se superior às demais tanto em relação ao desvio do *MtM* em relação à estratégia *back-to-back* que produziria um hedge 100%

efetivo, quanto em relação à amplitude das variações na efetividade diária em comparação as demais estratégias.

	Estratégia de Imunização			
	3 Fatores			Duration
	3 Anos	2 Anos	1 Ano	
Variância Explicada pelos 3 fatores	97,17%	97,90%	97,53%	
Efetividade diária máxima	106,91%	104,10%	102,78%	107,85%
Efetividade diária mínima	98,28%	96,32%	94,32%	88,65%
Amplitude de variação na efetividade diária	8,62%	7,79%	8,45%	19,21%
MtM ao final do período	R$ 41.619.029	R$ 40.869.633	R$ 40.118.682	R$ 40.772.673
Efetividade ao final do período	101,30%	99,47%	97,64%	99,24%
Desvio em Relação a estratégia *back-to-back*	R$ 532.580	-R$ 216.816	-R$ 967.766	-R$ 313.775

Tabela 4 – Comparação dos resultados obtidos pelas diversas formas de imunização utilizadas
Fonte: Elaboração Própria

5 - Conclusões

Este trabalho apresentou de forma pioneira o uso da análise de componentes principais para estudar os fatores que explicam o comportamento da curva cambial no mercado brasileiro. De forma também pioneira, adotou-se uma abordagem do ponto de vista corporativo para a gestão de riscos cambiais de *trading companies* que atuam no mercado local.

Por meio da análise de componentes principais observou-se que para os três períodos analisados os três primeiros componentes explicam de forma relevante a variância existente na curva cambial (97.17%, 97.90% e 97.53% respectivamente para os períodos de 3 anos, 2 anos e 1 ano), resultados muito semelhantes aos obtidos em estudos anteriores para a análise da estrutura a termo da taxa de juros doméstica e de cupom cambial bem como para demais estudos realizados no exterior.

No que diz respeito à imunização da carteira realizada nos diferentes cenários, a estratégia de imunização pelo uso da metodologia de componentes principais mostrou-se altamente efetiva de forma a permitir a sua aplicabilidade no ambiente corporativo e até mesmo a sua qualificação para estratégias de *hedge accounting,* conforme definidas pelo IASB e IFRS, que exigem uma efetividade entre 80% e 125%.

O principal objetivo deste trabalho foi de buscar na análise de componentes principais uma alternativa para simplificar a gestão de risco corporativo e que permitisse a redução no volume de transações realizadas no mercado e, consequentemente, permitisse também a simplificação dos controles gerenciais necessários para a administração dos contratos sem que a efetividade da proteção cambial se reduzisse de forma significativa.

Para estudos subsequentes, a adoção de um maior período de análise bem como a criação de um sistema para simular o comportamento da estratégia de gestão de risco cambial quando novas operações são adicionadas ao longo do período de análise, bem como a incorporação de fatores como custos operacionais para a contratação de uma operação de *NDF* e análise do comportamento do *spread* cobrado pelos bancos para operações com valores nocionais maiores (concentração de operações antes de acessar o mercado) como forma de apurar o break-even entre a redução marginal na efetividade do hedge e os benefícios gerados pela simplificação na gestão do hedge poderão auxiliar no desenvolvimento da gestão de riscos cambiais no ambiente corporativo.

6 – Apêndice

6.1 – Descrição dos Contratos

Nesta seção, são apresentadas as especificações dos contratos da BM&F utilizados para a construção da curva cambial futura: juros futuros (DI) e de Cupom Cambial (FRA).

6.1.1 - Contrato Futuro de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI)

Definições:

- Preço unitário (PU) é o valor, em pontos, correspondente a 100.000, descontado pela taxa de juro negociada.
- Taxa de DI é a Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI) calculada pela Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos (Cetip), expressa em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis.

Objeto de negociação:

- A taxa de juro efetiva até o vencimento do contrato, definida para esse efeito pela acumulação das taxas diárias de DI no período compreendido entre a data de negociação, inclusive, e o último dia de negociação do contrato, inclusive.

$$PO = \frac{100.000}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{\frac{n}{252}}} \quad (11)$$

Onde:

PO = preço da operação, em PU, calculado da seguinte forma, após o fechamento do negócio;

i = taxa de juros negociada;

i = número de dias úteis, compreendido entre a data de negociação, inclusive, e a data de vencimento do contrato, exclusive.

6.1.2 – Cupom Cambial Sujo (DDI) e Cupom Cambial Limpo - *FORWARD RATE AGREEMENT* DE CUPOM CAMBIAL (FRA)

Definições:

- Preço unitário (PU) é o valor, em pontos, correspondente a 100.000, descontado pela taxa de juro negociada.
- Taxa de DI é Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI) calculada pela Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos (Cetip), expressa em taxa efetiva anual, base 252 dias úteis.

Objeto de negociação:

- O Cupom Cambial Sujo (DDI) é a taxa de juro obtida a partir do cálculo da diferença entre a acumulação da taxa de DI, no período compreendido entre a data de operação, inclusive, e a data de vencimento, exclusive, e a variação da taxa de câmbio observada entre o dia útil anterior a data da operação, inclusive, e a data de vencimento do contrato, exclusive.

$$PO = \frac{100.000}{\left(\frac{i_e}{100} + \frac{n}{360}\right) + 1} \quad (12)$$

Onde:
PO = preço da operação, em PU, calculado da seguinte forma, após o fechamento do negócio;
i_e = taxa de juros negociada;
i = número de dias corridos compreendido entre a data de negociação, inclusive, e a data de vencimento do contrato, exclusive.

Uma vez que tal contrato sofre a distorção causada pela variação na taxa de câmbio do dia anterior para o dia da operação, a BM&F desenvolveu o contrato de FRA de

Cupom Cambial (FRA), produto que permitiu a negociação de cupom cambial sem tal distorção, chamado pelo mercado de cupom cambial limpo.

Para efeito de negociação, as operações de FRA serão realizadas como se fosse um novo contrato, entretanto, ao invés de gerar posições em novo contrato, as operações de FRA são automaticamente transformadas pelo sistema da BM&F em duas outras operações: a primeira para o primeiro vencimento de DDI (ponta curta) e a segunda, de natureza inversa, para o vencimento de DDI idêntico ao vencimento negociado no FRA (ponta longa).

6.2 – Análise de Componentes Principais (ACP)

Nesta seção os resultados da ACP aplicados para as curvas diárias de DI e FRA para os prazos de 1, 2 e 3 anos que replicam os estudos previamente realizados são apresentados.

6.2.1 – Curva a termo de taxas de juros doméstico (DI)

Por meio da metodologia apresentada no capitulo anterior, a análise de componentes principais para a curva a termo de taxa de juros doméstica apresentou resultados semelhantes aos obtidos por estudos anteriores realizados no Brasil e Exterior. Na Tabela 5 abaixo é possível observar que para os períodos analisados, os três primeiros componentes explicam respectivamente 98.10%, 98.44% e 98.04% da variabilidade das taxas a termo de juros doméstico.

DI	1 Ano		2 Anos		3 Anos	
Componente	Var.	Var. Acum.	Var.	Var. Acum.	Var.	Var. Acum.
1	89,71%	89,71%	90,63%	90,63%	87,68%	87,68%
2	6,97%	96,68%	6,64%	97,27%	8,99%	96,67%
3	1,41%	**98,10%**	1,17%	**98,44%**	1,41%	**98,09%**
4	0,71%	98,81%	0,51%	98,95%	0,62%	98,71%
5	0,53%	99,34%	0,38%	99,33%	0,43%	99,14%
6	0,22%	99,56%	0,21%	99,54%	0,27%	99,42%
7	0,19%	99,74%	0,19%	99,73%	0,25%	99,66%
8	0,14%	99,88%	0,14%	99,87%	0,17%	99,83%
9	0,07%	99,95%	0,07%	99,94%	0,10%	99,93%
10	0,04%	99,98%	0,04%	99,98%	0,05%	99,98%
11	0,01%	100,00%	0,01%	100,00%	0,01%	99,99%
12	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
13	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
14	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%

Tabela 5 - Variância explicada por cada componente principal (Var.) e Variância acumulada (Var. Acum.) para os períodos analisados - Curva de Juros em Reais (DI)
Fonte: Elaboração Própria

Adicionalmente, observando os gráficos de 4 a 6 é possível identificar que os três componentes principais podem ser interpretados da mesma forma como Litterman e Scheinkman (1991) definiram como sendo nível, inclinação e curvatura.

O comportamento do segundo componente apresenta um resultado contrário ao obtido nos demais estudos realizados, entretanto, sua formatação semelhante e o período da amostra permitem a conclusão de que a inclinação negativa para este componente se dá pelo fato de que as curvas estavam em *backwardation* durante esse período, ou seja, as taxas futuras eram inferiores as taxas a vista dada a expectativa do mercado de que a política monetária a ser adotada pelo Banco Central brasileiro à época era expansionista, o que posteriormente fora confirmado. Nesse cenário, choques positivos na taxa de juros de curto prazo fariam com que a taxa de longo prazo tivesse um movimento em menor magnitude ou então com sinal contrário, evidenciando a condição de *backwardation*.

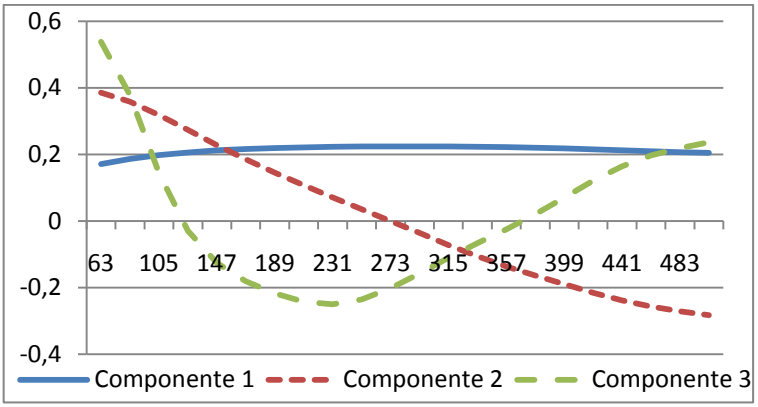

Gráfico 4 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva de Juros em Reais (DI) de 3 anos (Jan/2010 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

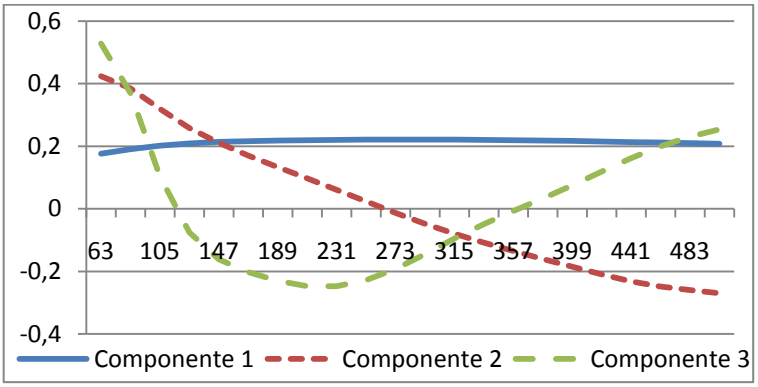

Gráfico 5 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva de Juros em Reais (DI) de 2 anos (Jan/2011 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

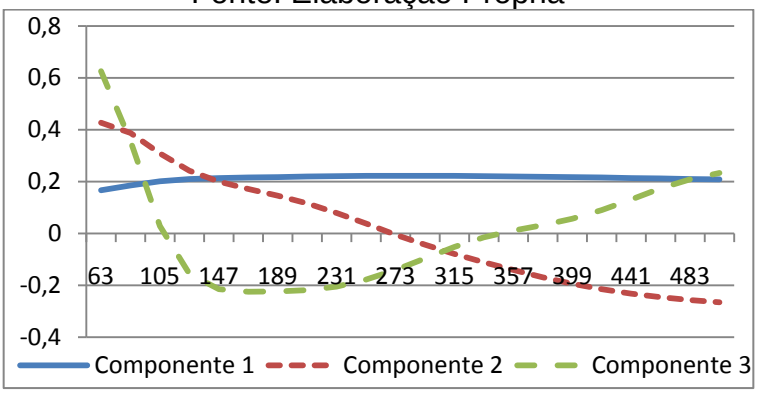

Gráfico 6 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva de Juros em Reais (DI) de 1 ano (Jan/2012 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

6.2.2 – Curva a termo de cupom cambial (FRA)

De forma semelhante aos resultados obtidos pela curva de juros doméstica, a análise de componentes principais para a curva a termo de cupom cambial apresentou resultados comparáveis aos obtidos por estudos anteriores realizados no

Brasil e Exterior. Na Tabela 6 abaixo é possível observar que para os períodos analisados, os três primeiros componentes explicam respectivamente 96.65%, 97.60% e 97.18% da variabilidade das taxas de cupom cambial.

FRA	1 Ano		2 Anos		3 Anos	
Componente	Var.	Var. Acum.	Var.	Var. Acum.	Var.	Var. Acum.
1	89,57%	89,57%	91,45%	91,45%	89,77%	89,77%
2	5,33%	94,90%	4,71%	96,16%	5,81%	95,58%
3	1,75%	**96,65%**	1,44%	**97,60%**	1,61%	**97,18%**
4	1,10%	97,75%	0,81%	98,41%	0,88%	98,06%
5	0,71%	98,46%	0,49%	98,90%	0,58%	98,65%
6	0,60%	99,07%	0,43%	99,33%	0,51%	99,16%
7	0,40%	99,47%	0,28%	99,60%	0,34%	99,50%
8	0,26%	99,73%	0,21%	99,81%	0,26%	99,76%
9	0,17%	99,90%	0,12%	99,93%	0,15%	99,91%
10	0,07%	99,97%	0,05%	99,98%	0,07%	99,97%
11	0,02%	99,99%	0,02%	99,99%	0,02%	99,99%
12	0,01%	100,00%	0,00%	100,00%	0,01%	100,00%
13	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
14	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%

Tabela 6 - Variância explicada por cada componente principal (Var.) e Variância acumulada (Var. Acum.) para os períodos analisados - Curva de Cupom Cambial (FRA)
Fonte: Elaboração Própria

Com relação ao comportamento dos três fatores, o resultado também foi semelhante e, de acordo com a análise dos gráficos de 7 a 9, é possível interpretá-los da mesma forma como Litterman e Scheinkman (1991).

Da mesma forma que no caso anterior, o segundo componente apresenta um resultado contrário ao obtido nos demais estudos realizados, entretanto, de forma análoga, é possível interpretá-lo como uma melhor percepção dos investidores com relação ao risco de se investir no país no longo prazo, o que fez com que a curva de FRA tivesse, também, uma forma de *backwardation* durante o período analisado. Condição confirmada ao longo do período observado.

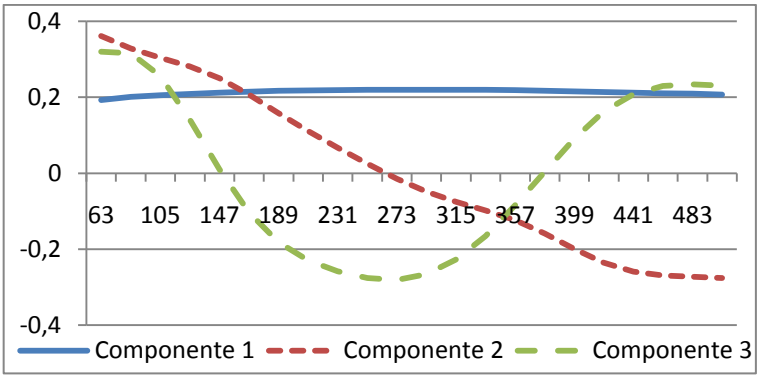

Gráfico 7 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva de Cupom Cambial (FRA) de 3 anos (Jan/2010 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

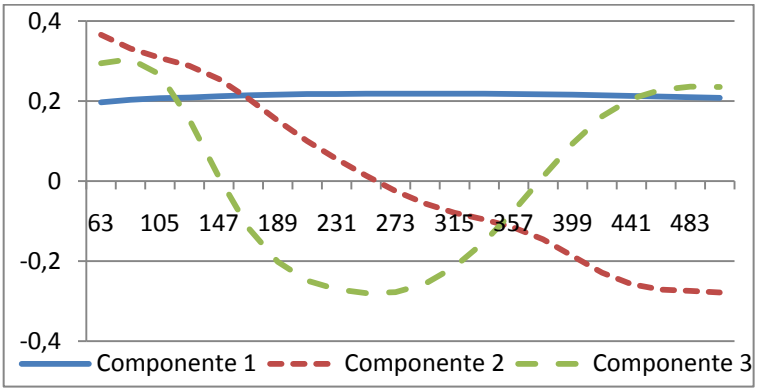

Gráfico 8 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva de Cupom Cambial (FRA) de 2 anos (Jan/2011 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

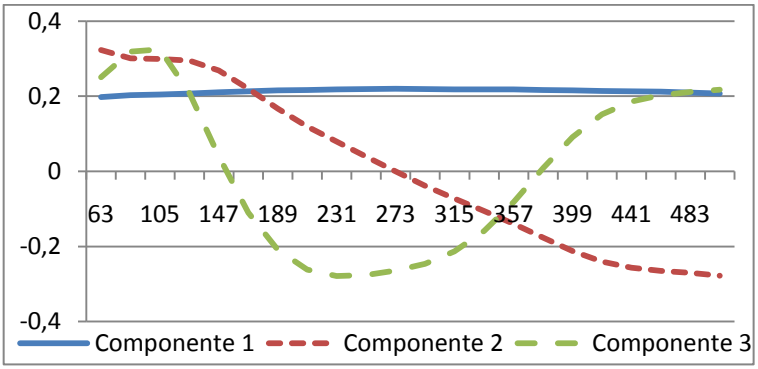

Gráfico 9 – Cargas dos Componentes Principais para a Curva de Cupom Cambial (FRA) de 1 ano (Jan/2012 a Dez/2012).
Fonte: Elaboração Própria

6.3 – Imunização por meio da Análise de Componentes Principais

Nesta seção são apresentadas as composições das três diferentes carteiras montadas, em função do período de análise, para a estratégia de imunização utilizando-se a análise de componentes principais.

	Vencimentos			
	01/07/2013	02/01/2014	01/07/2014	Total
Data				
03/01/2013	- 143.795.626	- 85.402.270	- 273.562.522	- 502.760.417
04/01/2013	- 144.732.114	- 83.869.620	- 274.383.520	- 502.985.254
07/01/2013	- 145.642.788	- 82.435.634	- 275.072.719	- 503.151.142
08/01/2013	- 146.564.859	- 81.006.661	- 275.782.839	- 503.354.359
09/01/2013	- 147.405.761	- 79.731.455	- 276.419.603	- 503.556.819
10/01/2013	- 148.342.494	- 78.291.510	- 277.142.287	- 503.776.290
11/01/2013	- 149.298.094	- 76.879.793	- 277.788.662	- 503.966.549
14/01/2013	- 150.281.459	- 75.484.317	- 278.470.704	- 504.236.480
15/01/2013	- 151.263.564	- 74.057.115	- 279.182.651	- 504.503.330
16/01/2013	- 152.209.343	- 72.746.387	- 279.808.791	- 504.764.521
17/01/2013	- 153.187.367	- 71.410.941	- 280.427.475	- 505.025.783
18/01/2013	- 154.104.792	- 70.182.182	- 281.045.703	- 505.332.677
21/01/2013	- 155.097.267	- 68.881.122	- 281.606.882	- 505.585.271
22/01/2013	- 156.141.268	- 67.559.642	- 282.184.669	- 505.885.578
23/01/2013	- 157.135.250	- 66.259.623	- 282.802.252	- 506.197.126
24/01/2013	- 158.149.616	- 64.973.757	- 283.370.953	- 506.494.327
28/01/2013	- 159.153.794	- 63.733.405	- 283.939.409	- 506.826.609
29/01/2013	- 161.251.530	- 61.278.674	- 284.990.412	- 507.520.616
30/01/2013	- 162.419.723	- 59.920.339	- 285.584.077	- 507.924.140
31/01/2013	- 175.240.705	- 51.939.010	- 288.362.501	- 515.542.216
01/02/2013	- 176.579.714	- 50.627.402	- 288.855.193	- 516.062.309
04/02/2013	- 177.898.650	- 49.346.353	- 289.382.382	- 516.627.384
05/02/2013	- 179.221.040	- 48.080.012	- 289.914.639	- 517.215.691
06/02/2013	- 180.632.640	- 46.748.296	- 290.418.084	- 517.799.020
07/02/2013	- 182.002.026	- 45.476.528	- 290.925.803	- 518.404.356
08/02/2013	- 183.458.306	- 44.131.975	- 291.484.912	- 519.075.193
13/02/2013	- 185.081.891	- 42.704.295	- 292.044.902	- 519.831.089
14/02/2013	- 186.597.774	- 41.414.241	- 292.504.251	- 520.516.267
15/02/2013	- 188.215.005	- 40.037.680	- 293.067.215	- 521.319.900
18/02/2013	- 189.736.820	- 38.610.135	- 293.656.004	- 522.002.960
19/02/2013	- 191.303.153	- 37.287.822	- 294.188.059	- 522.779.034
20/02/2013	- 192.971.674	- 35.936.808	- 294.696.891	- 523.605.372
21/02/2013	- 194.707.355	- 34.589.004	- 295.164.403	- 524.460.762
22/02/2013	- 196.590.244	- 33.069.693	- 295.723.228	- 525.383.165
25/02/2013	- 198.413.634	- 31.659.094	- 296.257.225	- 526.329.953
26/02/2013	- 200.345.309	- 30.196.975	- 296.788.707	- 527.330.992
27/02/2013	- 202.418.722	- 28.617.007	- 297.368.582	- 528.404.311
28/02/2013	- 232.996.913	- 16.729.860	- 300.850.740	- 550.577.513

Tabela 7 – Composição da carteira de *NDFs* utilizadas para a estratégia de imunização do risco cambial por meio da análise de componentes principais realizada para o período de 3 anos
Fonte: Elaboração Própria

	Vencimentos			
	01/07/2013	02/01/2014	01/07/2014	Total
Data				
03/01/2013	- 114.543.076	- 122.386.274	- 257.895.724	- 494.825.074
04/01/2013	- 114.908.506	- 121.445.713	- 258.477.922	- 494.832.140
07/01/2013	- 115.283.098	- 120.539.903	- 258.951.790	- 494.774.791
08/01/2013	- 115.689.985	- 119.610.746	- 259.461.981	- 494.762.712
09/01/2013	- 116.083.479	- 118.769.817	- 259.915.454	- 494.768.749
10/01/2013	- 116.544.512	- 117.768.812	- 260.471.367	- 494.784.691
11/01/2013	- 117.042.542	- 116.751.476	- 260.973.826	- 494.767.843
14/01/2013	- 117.587.547	- 115.715.187	- 261.527.166	- 494.829.900
15/01/2013	- 118.155.472	- 114.612.301	- 262.125.500	- 494.893.274
16/01/2013	- 118.736.750	- 113.569.478	- 262.661.072	- 494.967.299
17/01/2013	- 119.366.481	- 112.465.926	- 263.208.289	- 495.040.695
18/01/2013	- 119.997.092	- 111.405.236	- 263.771.002	- 495.173.330
21/01/2013	- 120.696.591	- 110.249.094	- 264.304.313	- 495.249.998
22/01/2013	- 121.458.389	- 109.041.534	- 264.873.001	- 495.372.925
23/01/2013	- 122.227.863	- 107.810.365	- 265.496.215	- 495.534.443
24/01/2013	- 123.044.200	- 106.548.738	- 266.094.946	- 495.687.884
28/01/2013	- 123.893.396	- 105.280.684	- 266.713.254	- 495.887.334
29/01/2013	- 125.756.041	- 102.625.727	- 267.936.334	- 496.318.102
30/01/2013	- 126.809.886	- 101.124.301	- 268.646.221	- 496.580.409
31/01/2013	- 134.073.815	- 93.956.155	- 271.680.263	- 499.710.233
01/02/2013	- 135.377.682	- 92.408.484	- 272.323.450	- 500.109.616
04/02/2013	- 136.715.985	- 90.847.998	- 273.015.909	- 500.579.892
05/02/2013	- 138.097.052	- 89.259.521	- 273.730.137	- 501.086.710
06/02/2013	- 139.570.611	- 87.589.913	- 274.433.945	- 501.594.469
07/02/2013	- 141.061.497	- 85.931.591	- 275.155.171	- 502.148.259
08/02/2013	- 142.636.396	- 84.183.937	- 275.937.634	- 502.757.967
13/02/2013	- 144.350.663	- 82.338.550	- 276.734.264	- 503.423.477
14/02/2013	- 146.039.081	- 80.574.317	- 277.446.827	- 504.060.225
15/02/2013	- 147.823.292	- 78.716.584	- 278.265.478	- 504.805.354
18/02/2013	- 149.576.564	- 76.809.817	- 279.112.503	- 505.498.884
19/02/2013	- 151.392.122	- 74.952.506	- 279.916.744	- 506.261.373
20/02/2013	- 153.304.789	- 73.062.657	- 280.705.027	- 507.072.473
21/02/2013	- 155.288.392	- 71.149.263	- 281.459.784	- 507.897.439
22/02/2013	- 157.387.250	- 69.092.634	- 282.302.186	- 508.782.070
25/02/2013	- 159.488.401	- 67.112.886	- 283.121.565	- 509.722.852
26/02/2013	- 161.679.464	- 65.084.444	- 283.940.734	- 510.704.642
27/02/2013	- 163.979.073	- 62.954.591	- 284.802.202	- 511.735.867
28/02/2013	- 184.978.048	- 52.363.895	- 288.327.711	- 525.669.654

Tabela 8 – Composição da carteira de *NDFs* utilizadas para a estratégia de imunização do risco cambial por meio da análise de componentes principais realizada para o período de 2 anos
Fonte: Elaboração Própria

	Vencimentos			
	01/07/2013	02/01/2014	01/07/2014	Total
Data				
03/01/2013	- 77.445.849	- 178.826.320	- 230.392.858	- 486.665.028
04/01/2013	- 77.574.247	- 178.248.333	- 230.811.869	- 486.634.449
07/01/2013	- 77.743.908	- 177.633.916	- 231.148.854	- 486.526.678
08/01/2013	- 77.971.713	- 176.983.527	- 231.527.820	- 486.483.060
09/01/2013	- 78.240.157	- 176.356.148	- 231.864.586	- 486.460.891
10/01/2013	- 78.556.512	- 175.618.174	- 232.297.951	- 486.472.636
11/01/2013	- 78.916.717	- 174.839.642	- 232.692.263	- 486.448.622
14/01/2013	- 79.332.936	- 174.033.547	- 233.137.512	- 486.503.995
15/01/2013	- 79.783.032	- 173.160.864	- 233.623.188	- 486.567.084
16/01/2013	- 80.273.485	- 172.311.952	- 234.062.398	- 486.647.834
17/01/2013	- 80.807.095	- 171.406.766	- 234.513.271	- 486.727.131
18/01/2013	- 81.374.808	- 170.504.712	- 234.981.202	- 486.860.722
21/01/2013	- 81.988.838	- 169.533.871	- 235.429.066	- 486.951.774
22/01/2013	- 82.647.351	- 168.531.142	- 235.908.324	- 487.086.817
23/01/2013	- 83.340.916	- 167.503.219	- 236.434.192	- 487.278.327
24/01/2013	- 84.076.401	- 166.446.269	- 236.941.430	- 487.464.100
28/01/2013	- 84.849.026	- 165.377.077	- 237.466.808	- 487.692.911
29/01/2013	- 86.524.745	- 163.127.038	- 238.511.453	- 488.163.236
30/01/2013	- 87.436.515	- 161.884.341	- 239.117.198	- 488.438.054
31/01/2013	- 89.661.734	- 156.610.127	- 241.865.431	- 488.137.292
01/02/2013	- 90.800.075	- 155.319.118	- 242.411.602	- 488.530.794
04/02/2013	- 91.980.270	- 154.018.079	- 243.000.953	- 488.999.302
05/02/2013	- 93.198.520	- 152.689.268	- 243.610.560	- 489.498.348
06/02/2013	- 94.472.770	- 151.316.664	- 244.212.504	- 490.001.938
07/02/2013	- 95.780.803	- 149.934.428	- 244.831.940	- 490.547.171
08/02/2013	- 97.136.561	- 148.486.396	- 245.506.001	- 491.128.958
13/02/2013	- 98.570.558	- 146.963.831	- 246.196.013	- 491.730.401
14/02/2013	- 100.022.960	- 145.468.907	- 246.820.766	- 492.312.632
15/02/2013	- 101.536.176	- 143.903.795	- 247.539.461	- 492.979.433
18/02/2013	- 103.052.741	- 142.323.330	- 248.280.471	- 493.656.543
19/02/2013	- 104.624.091	- 140.719.576	- 248.999.422	- 494.343.089
20/02/2013	- 106.266.267	- 139.092.663	- 249.711.338	- 495.070.268
21/02/2013	- 107.964.859	- 137.403.486	- 250.404.952	- 495.773.297
22/02/2013	- 109.732.131	- 135.622.109	- 251.179.246	- 496.533.486
25/02/2013	- 111.543.123	- 133.861.103	- 251.940.734	- 497.344.961
26/02/2013	- 113.419.020	- 132.044.230	- 252.715.810	- 498.179.061
27/02/2013	- 115.363.406	- 130.131.780	- 253.534.951	- 499.030.137
28/02/2013	- 125.328.498	- 122.387.220	- 256.744.635	- 504.460.353

Tabela 9 – Composição da carteira de *NDFs* utilizadas para a estratégia de imunização do risco cambial por meio da análise de componentes principais realizada para o período de 1 ano.
Fonte: Elaboração Própria

7 - Referências Bibliográficas

ALEXANDER, C. "*Market models: a guide to financial data analysis*". Chichester: John Wiley, 2001.

ALMEIDA, C.; DUARTE, A.; FERNANDES, C. *"A generalization of principal component analysis for non-observable term structrures in emerging markets"*, International Journal of Theoretical and Applied Finance, v.6, n.8, pp.885–903, 2003.

BARBER, J.; COPPER, M. *"Immunization using Principal Component Analysis"*. Journal of Portfolio Management, v.23, n.1, p. 99-105, 1996.

BARCINSKI, A. *"Hedging strategies using a multifactor model for the Brazilian interest rate"*. In: BONOMO, M. (org.). Finanças Aplicadas ao Brasil. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

BIERWAG, G. O. *"Immunization, duration and the term structure of interest rates".* The Journal of Financial and Quantitative Analysis. Vol. 12 No. 5 pp. 725-742, 1977.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A.J. *"Investimentos"*, 8ª Edição, McGraw-Hill 2010.

BRESSAN, A. A.; ALVES, R. A.; CAETANO, R. A. e IGUIAPAZA, R. A. (2007). *"Modelagem Multifatorial da Estrutura a Termo de Juros de LTN's utilizando Análise de Componentes Principais"*. Encontro ANPEC, 2007

BRITO, R. S. P. " Análise empírica da curva de juros real brasileira: Uma aplicação prática na tomada de decisão de carteira de renda fixa" Dissertação de Mestrado, FGV-EPGE, 2003.

COUTINHO, J. R. R.; SHENG, H. H.; LORA; M. I. *"The use of Fx derivatives and the cost of capital: Evidence of Brazilian Companies"*. Emerging Markets Review, Julho, 2012.

FAMA, E. F. *"Forward and Spot Exchange Rates"*. Journal of Monetary Economics 14 pp. 319-338, 1984.

FERREIRA, L. C. L. *"Análise da curva de cupom cambial brasileira: uma aplicação da análise de componentes principais com ênfase em sua utilização para imunização de carteiras"*. Dissertação de Mestrado, FGV-EESP, 2006.

FRANKEL, J. A. *"In Search for the Exchange Risk Premium: a six-currency test assuming mean-variation optimization"*. Journal of International Money and Finance (1), pp. 255-274, 1982.

KERKVLIET, J.; MOFFETT, M. H. *"The hedging of an uncertain future currency cash flow"*. The Journal of Financial and Quantitative Analysis. Vol. 26 No. 4 pp. 565-578, 1991.

LITTERMAN, R; SCHEINKMAN, J; KNEZ, P. *"Explorations into factors explaining*

money market returns". Journal of Finance, v.49, n.5, p.1861-1862, 1994.

LITTERMAN, R.; SCHEINKMAN, J. *"Common factors affecting bond returns"* Journal of Fixed Income, v.1, p.54-61, 1991.

MACAULAY, F. R. *"Some theorical problems suggested by the movements of interest rates, bond yields and stock prices in the United States since 1856"*. Columbia University Press, 1938.

NEUBERGER, A. *"Hedging long-term exposures with multiple short-term futures contracts"*. The Review of Financial Studies. Vol. 12 No. 3 pp. 449-459, 1999.

OLIVEIRA, A. *"Modelos de estrutura a termo de taxas de juros: Um teste empírico",* Dissertação de Mestrado, FGV-EPGE, 2003.

ROCHMAN, R. R.; FERREIRA; L.; DANA, S. *"Fatores que influenciam na Estrutura temporal de cupom cambial: uma aplicacão da análise de componentes principais"*. 30º Encontro da Anpad, Setembro, 2006.

ROSSI; J. L. *"Hedging, selective hedging, or speculation? Evidence of the use of derivatives by Brazilian firms during the financial crisis"*. Journal of Multinational Financial Management, Agosto, 2013.

SECURATO, J. R. et al. *"Cálculo Financeiro das Tesourarias. Banco e Empresas"*. 4ª ed. São Paulo: Saint Paul Institute of Finance, 2008.

SILVEIRA, G.; BESSADA, O. *"Análise de Componentes Principais de Dados Funcionais. Uma aplicação às Estruturas a Termo de taxas de Juros"*. Banco Central do Brasil, working paper nº 73, 2003.

TUFANO, P. *"Why manage risk?" Harvard Business School Note 9-294-107, 1994 (Revisado em 28 de Fevereiro de 2001).*

VARGA, G.; VALLI, M. *"Movimentos da Estrutura a Termo da Taxa de Juros Brasileira e Imunização"*. In: BONOMO, M. (org.). Finanças Aplicadas ao Brasil. Rio de Janeiro: FGV, 2002.