

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO DE CIÊNCIAS SÓCIO-ECONÔMICAS – CSE  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

ALEXANDRE MARÇON CUPPARI

**A ESTRUTURA A TERMO DAS TAXAS DE JUROS E ESTRATÉGIA DE  
IMUNIZAÇÃO DE UMA CARTEIRA DE RENDA FIXA VIA *DURATION***

Florianópolis, 2015

ALEXANDRE MARÇON CUPPARI

**A ESTRUTURA A TERMO DAS TAXAS DE JUROS E ESTRATÉGIA DE  
IMUNIZAÇÃO DE UMA CARTEIRA DE RENDA FIXA VIA *DURATION***

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharelado.

**Orientador:** Prof. Dr. André Alves Portela Santos

Florianópolis, 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota 8,5 ao aluno Alexandre Marçon Cuppari na disciplina CNM 7107 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. André Alves Portela dos Santos  
Orientador

---

Prof. Dr. Guilherme Valle Moura

---

Juliana de Freitas Berba Fantozzi Vieira

## AGRADECIMENTOS

Cronologicamente, agradeço minha irmã e a memória do meu cunhado Marc, por sustentarem e abrirem meus olhos a um mundo que dificilmente eu teria acesso, onde nasceu meu interesse ao mercado financeiro, abrindo as portas de Florianópolis e da UFSC.

A UFSC, ao curso de Ciências Econômicas, aos professores, em especial o André Portela, pela paciência, ensino, e ajuda na conclusão desse longo sonho, a graduação em uma universidade pública de grande reconhecimento.

Agradeço a SOMMA Investimentos, por me dar a maior oportunidade profissional da minha vida, me formando como pessoa e profissional, com os melhores princípios. Nesse processo, agradeço ao Áquila e Rodrigo por abrirem as portas da empresa, aos meus amigos João, Felipe e Bruno, os quais agregam muito na minha vida. A Juliana Berba, por ajudar a trilhar meu caminho, e contribuir diretamente a esse trabalho. E ao Wilson, o qual me ensinou que com muito trabalho é possível alcançar nossos objetivos.

A minha mãe e meu pai, que sabiamente perceberam que educar bem os filhos significa se tornar desnecessários para eles com o passar do tempo, nos deixando voar e construir nossos futuros, mas com a segurança de que se tudo der errado, teremos sempre onde cair e começar tudo de novo.

A pessoas importantes nas quais participei da minha formação, como Ju, Alessandra, Lucianinho, Clor, Kiko, e aos baixinhos que me motivam a vencer e retribuir esse meu aprendizado, como o Pipi, Luki, Valentina e Arthur.

A Gesi, minha melhor amiga, professora, cúmplice, e a quem eu quero compartilhar todas as vitórias e momentos importantes na minha vida, te amo.

## RESUMO

O presente estudo buscou apresentar o mercado de renda fixa brasileiro, dividido entre ativos públicos e privados, a Estrutura a Termo das Taxas de Juros, os conceitos de *duration* e Imunização. O objetivo foi buscar, através da composição de uma carteira formada por títulos públicos federais, uma estratégia de imunização para proteção desta carteira contra flutuações nas taxas de juros futuras. Essa estratégia, conhecida por imunização via *duration*, busca assumir uma posição contrária em derivativos, chamados Futuros de DI, igualando-se a *duration* e a posição da carteira com a *duration* e posição da carteira de derivativos.

**Palavras-chave:** *Duration*, Estrutura a Termo das Taxas de Juros, Imunização.

## **ABSTRACT**

This study aimed to present the Brazilian fixed income market, divided between public and private bonds, the Brazilian Yield Curve, the concepts of duration and immunization. The objective was to find, through the composition of a portfolio of public bonds, as an immunization strategy in order to protect the portfolio against fluctuations in future interest rates. This strategy, known for duration hedge, search take a contrary position in derivatives, called DI Futures, equaling the duration and position of the portfolio with the same of derivatives.

**Keywords:** Duration, Brazilian Yield Curve, Immunization.

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Juros das NTN-F.....	15
Fórmula 2: PU das NTN-F.....	15
Fórmula 3: VNA das NTN-B no décimo dia do mês .....	16
Fórmula 4: VNA das NTN-B entre a data de divulgação do IPCA até o décimo quinto dia do mês.....	17
Fórmula 5: VNA das NTN-B após o décimo quinto dia do mês.....	17
Fórmula 6: Juros das NTN-B.....	18
Fórmula 7: Cotação das NTN-B.....	18
Fórmula 8: PU das NTN-B.....	18
Fórmula 9: PU dos Futuros de DI.....	20
Fórmula 10: Ajuste diário dos Futuros de DI.....	21
Fórmula 11: Ajuste da posição do dia anterior nos Futuros de DI.....	21
Fórmula 12: Interpolação exponencial das taxas de juros.....	22
Fórmula 13: Prazo médio ponderado.....	24
Fórmula 14: <i>Duration</i> .....	25
Fórmula 15: <i>Duration</i> da carteira.....	25
Fórmula 16: Imunização.....	25
Fórmula 17: <i>Duration</i> média ponderada.....	26

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução das taxas CDI e SELIC.....	20
Gráfico 2: Estrutura a Termo das Taxas de Juros em 31 de julho 2014.....	23
Gráfico 3: Evolução do CDI, de 31 de dezembro de 2012 a 31 de julho de 2014.....	31
Gráfico 4: Relação entre a Carteira não Imunizada e o CDI, de 31 de dezembro de 2012 a 31 de julho de 2014.....	31
Gráfico 5: Relação entre a Imunização, Carteira não Imunizada, Carteira Imunizada e o CDI, de 31 de dezembro de 2012 a 31 de julho de 2014.....	32



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da carteira em 31 de dezembro de 2012.....	26
Tabela 2: Composição e <i>duration</i> média da carteira em 02 de janeiro de 2013.....	27
Tabela 3: Composição dos Futuros de DI em 0 de janeiro 2013.....	27
Tabela 4: Composição da carteira em 15 de fevereiro de 2013.....	28
Tabela 5: Composição da carteira em 01 de julho 2013.....	29
Tabela 6: Composição da carteira em 15 de agosto de 2013.....	29
Tabela 7: Composição da carteira em 02 de janeiro 2014.....	29
Tabela 8: Composição da carteira em 17 de fevereiro de 2014.....	30
Tabela 9: Composição da carteira em 01 de julho de 2014.....	30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA .....	11
1.2 OBJETIVOS .....	11
1.2.1 Objetivo Geral .....	11
1.2.2 Objetivos Específicos .....	12
1.2.3 Justificativa .....	12
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>13</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
3.1 O MERCADO DE RENDA FIXA E A DÍVIDA PÚBLICA FEDERAL .....	14
3.1.1 Notas do Tesouro Nacional Série F (NTN-F) .....	15
3.1.2 Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B).....	16
3.2 A ESTRUTURA A TERMO DAS TAXAS DE JUROS (ETTJ) .....	19
3.3 A MARCAÇÃO A MERCADO .....	23
3.4 <i>DURATION</i> E IMUNIZAÇÃO .....	24
<b>4 APLICAÇÃO DO MODELO DE IMUNIZAÇÃO VIA DURATION</b> .....	<b>26</b>
4.1 COMPOSIÇÃO DA POSIÇÃO A VISTA .....	26
4.2 A PRIMEIRA IMUNIZAÇÃO .....	26
4.3 AJUSTES NAS POSIÇÕES POR PAGAMENTO DE CUPOM. ....	28
4.4 RESULTADO ACUMULADO DA ESTRATÉGIA .....	30
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O comportamento das taxas de juros é uma variável de grande relevância no desempenho das economias mundiais. De acordo com a ANBIMA (1997), estas taxas influenciam na decisão de poupar ou consumir e tornam-se um elemento determinante no comportamento da demanda agregada, principalmente por estimular ou desestimular os investimentos, e, ainda influenciar as decisões de consumo ou de produção.

No Brasil, o período de 1986 a 1991 foi marcado por uma sucessão de planos anti-inflacionários, caracterizados por mudanças nas regras que regulavam tanto a economia quanto o mercado financeiro. O objetivo destes planos destinava-se ao combate à inflação, um dos principais problemas econômicos da história recente do país (ANBIMA, 1997).

Em 1999, após a adoção do câmbio flutuante no Brasil, foi instituído o regime de metas de inflação no país. O principal mecanismo de controle para manter a inflação dentro da meta é representado pela política monetária, a qual também está relacionada à emissão de títulos (Secretaria do Tesouro Nacional) e à condução da taxa básica de juros, definida pelo Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil (CARDIN DE CARVALHO et al. 2007).

De acordo com dados do Tesouro Nacional, em maio de 2014 38,7% da dívida pública brasileira era composta por títulos públicos de renda fixa prefixados, como, por exemplo, as Notas do Tesouro Nacional Série F (NTN-F) e as Letras do Tesouro Nacional (LTN), e 37,5% por títulos indexados a algum índice de preços, como as Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B) – ativos financeiros que possuem como remuneração a inflação, então medida pelo IPCA (índice oficial de inflação), mais uma taxa prefixada definida no momento de sua aquisição.

O principal risco para um título de renda fixa prefixado, integralmente ou parcialmente, é a variação nas taxas de juros futuras, pois o seu Preço Unitário (PU) possui um comportamento oposto em relação a mudanças nas taxas de juros. Ou seja, se a taxa de juros subir, o preço do título irá cair, e, se as taxas de juros caírem, seu preço irá se valorizar. Para isso, é de extrema importância que um gestor de uma carteira de renda fixa conheça os mecanismos de proteção a estas variações, principalmente ao estimar a Estrutura a Termo das Taxas de Juros (ETJJ) e ao realizar operações no mercado de derivativos, chamadas de *hedge* ou imunização (SECURATO, 2008).

A eficiência na gestão das taxas de juros é fundamental na administração de ativos e passivos para qualquer gestor de renda fixa, instituição financeira ou entidades de previdência complementar. A estratégia de imunização busca eliminar as variações nas taxas de juros sobre

determinada carteira, calculada particularmente pelo método da *duration*, em que é assumida uma posição contrária a dos títulos e próxima ao prazo médio destes. Tal posição é elaborada a partir de derivativos de taxas de juros, chamados de futuros de DI (Depósitos Interfinanceiros) (FURCOLIN, 2010).

## 1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

O modelo mais utilizado para proteger um portfólio de flutuações nas taxas de juros é o de imunização via duração ou *duration*. A aplicação deste modelo leva em conta a relação linear entre os preços dos títulos e as taxas de juros.

O principal objetivo desta pesquisa será identificar a eficiência deste modelo, visto que o mesmo é questionado por não captar variações não lineares na inclinação da curva de juros, como por exemplo, se as taxas de juros a longo prazo se movem mais do que as taxas de juros em curto prazo, por uma condição de mercado exógena ao modelo de duração. Para tanto, o modelo será testado e seus resultados serão avaliados.

## 1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho se dividem em Objetivos Geral e Específicos.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo foi simular uma carteira composta por títulos públicos, NTN-F e NTN-B com diversos vencimentos e elaborar uma operação de imunização, igualando-se a *duration* média da carteira com a *duration* média em operações vendidas de contratos futuros de DI, de forma que essa carteira se torne imune a flutuações indesejadas nas taxas de juros, não afetando o *portfólio* negativamente.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho foram divididos em cinco competências:

- I. Apresentar o mercado de renda fixa brasileiro, suas principais alternativas de aplicação e, fundamentalmente, os principais títulos públicos de emissão do Tesouro Nacional, com ênfase nos títulos os quais irão ser usados no trabalho. Logo após, os conceitos da ETTJ, Marcação a Mercado (MtM), *Duration* e Imunização, de forma a ilustrar seus conceitos, fundamentação de cálculo e de que forma irão afetar o presente estudo.
- II. Construir uma carteira teórica de renda fixa, composta por títulos públicos federais prefixados (NTN-F) e indexados a índices de preço (NTN-B);
- III. Simular, a partir da estratégia de imunização via *duration*, os resultados das operações de derivativos, buscando assim uma carteira que seja imune as variações nas taxas de juros futuras;
- IV. Analisar os resultados obtidos com essa estratégia, bem como, suas consequências e considerações.

### 1.2.3 Justificativa

A interpretação da ETTJ, assim como das estratégias de imunização, são fundamentais para ajudar os gestores de renda fixa a alocarem seus ativos financeiros de forma que ampliem os horizontes de seus investimentos, além de permanecerem imunes as variações nas taxas de juros que poderão causar perdas indesejáveis em seu portfólio. As variações nas taxas de juros futuras causam um impacto inverso no preço dos títulos à vista e que, em contrapartida, através de uma estratégia de imunização operacionalizada com contratos vendidos de DI Futuro, serão compensadas com variações inversas nos ativos de renda fixa, fazendo com que essa carteira esteja imune a tal efeito de mercado.

Assim, o presente trabalho buscou testar tal estratégia de imunização via *duration*, por meio de ativos que não estejam totalmente correlacionados com o índice DI, como por exemplo as NTN-B, ativos financeiros que possuem como parte de sua remuneração a expectativa do IPCA. Dessa forma, de acordo com os resultados encontrados na simulação, este estudo procurou contribuir para a teoria econômica ao identificar a eficácia do modelo apresentado e suas respectivas considerações.

## 2. METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado no presente trabalho foi via pesquisa bibliográfica, desenvolvida em um material já elaborado, imunização de carteiras de renda fixa, com base em livros, teses, artigos e periódicos (GIL, 2002).

Na primeira parte do estudo realizou-se uma pesquisa qualitativa, usando dados não estatísticos nos quais foram apresentados os principais conceitos do mercado de renda fixa do Brasil. Dentro deste mercado estão inseridos os títulos de emissão do Tesouro Nacional, como as Notas do Tesouro Nacional Série F (NTN-F), e as Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B), os contratos de juros futuros na Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&F), os conceitos referentes a Estrutura a Termo das Taxas de Juros (ETTJ), Marcação a Mercado (MtM), duração (ou *duration*) e imunização de carteiras.

Na segunda parte do trabalho foi realizada uma pesquisa quantitativa, com o tratamento de dados estatísticos, a fim de construir uma carteira composta por NTN-F e NTN-B de diversos vencimentos. Escolhidos os vencimentos, foram elaborados cálculos para determinar a duração da carteira, e a respectiva posição vendida em contratos de DI. Para a coleta da base de dados, como o histórico dos títulos públicos e dos contratos de DI, empregou-se a fonte de dados da ANBIMA (Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais), do sistema Bloomberg, da base de dados do Quantum Axis e da BM&F. O processamento histórico da carteira de Títulos Públicos foi realizado através do sistema Financial (sistema de processamento de carteiras de investimentos), e os cálculos da duração da carteira e o processo de imunização foram feitos manualmente pelo Excel.

Formada a carteira, a terceira parte do estudo foi acompanhada por um período com início em 31/12/2012 até o dia 31/07/2014, de forma dinâmica, onde foram efetuados novos cálculos de *duration* conforme a necessidade, para garantir a eficiência da estratégia.

Por fim, como última parte deste estudo foram analisados os principais resultados da estratégia empregada, na finalidade de comprovar a sua eficiência, bem como compará-la com outros trabalhos que tenham utilizado a mesma estratégia, porém com diferentes metodologias.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O MERCADO DE RENDA FIXA E A DÍVIDA PÚBLICA FEDERAL

O mercado de renda fixa brasileiro é basicamente dividido entre ativos de emissão privada, os quais possuem registro na CETIP (Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos) e títulos de emissão do Tesouro Nacional, ativos com registro no sistema SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia).

Segundo dados da CETIP (2014), o Brasil possui hoje cerca de 3 milhões de investidores registrados com aplicações em títulos de renda fixa de crédito privado, representando um estoque de R\$2.465 trilhões nesse mercado, divididos entre títulos de emissão de empresas como Debêntures (26%) e títulos de instituições financeiras, como Depósitos Interfinanceiros – DI (22%), Certificados de Depósitos Bancários – CDB (22%), Letras Financeiras – LF (14%) e as Letras de Crédito Imobiliário – LCI (5%). Os ativos de crédito privado, apesar de terem fundamental importância para o financiamento da economia e para o mercado de capitais, não serão o alvo de análise deste trabalho, apenas os ativos registrados no sistema SELIC serão analisados.

O SELIC foi criado em 1979 e hoje é o sistema oficial para o registro e liquidação da dívida pública federal. Segundo Berger (2012) o sistema é administrado pelo Banco Central do Brasil em parceria com a ANBIMA (Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais), onde são registrados os seguintes títulos:

- Títulos de emissão do Banco Central do Brasil, do Tesouro Nacional, dos Estados e Municípios;
- Depósitos interfinanceiros cujos depositários sejam bancos múltiplos com carteira comercial, bancos comerciais e caixas econômicas;
- Títulos estaduais e municipais que possuam sistemática operacional e características compatíveis com a dos títulos federais.

De acordo com dados do Relatório Mensal da Dívida Pública Federal (RMD) (2014), o governo possui um estoque de R\$2.173 trilhões de dívida, composto principalmente por quatro títulos: as Letras Financeiras do Tesouro – LFT (20,24%), as Letras do Tesouro Nacional – LTN (29,45%), as Notas do Tesouro Nacional Série B – NTN-B (34,60%), as Notas do Tesouro Nacional Série F – NTN-F (10,65%) e as Notas do Tesouro Série C – NTN-C (3,30%). No presente trabalho iremos montar uma carteira de títulos mesclando posições em NTN-B e NTN-

F de vários vencimentos com o objetivo de testar o modelo de imunização via *duration*. Isto posto, os demais títulos não serão analisados no estudo.

### 3.1.1 Notas do Tesouro Nacional Série F (NTN-F)

Segundo o Decreto nº 3.859, que estabelece as características dos títulos da Dívida Pública Mobiliária Federal interna, as NTN-F possuem as seguintes características:

- Prazo: Definidas pelo Ministério da Fazenda, quando da emissão do título;
- Taxa de juros: definido pelo Ministério da Fazenda, quando da emissão, em percentual ao ano, calculada sobre o valor nominal;
- Modalidade: normativa;
- Valor Nominal: múltiplos de R\$ 1.000,00 (mil reais);
- Rendimento: definido pelo deságio do valor nominal;
- Pagamento de juros: semestralmente;
- Resgate: Pelo valor nominal, na data de vencimento;

Conforme a Deliberação nº3 da ANBIMA, a qual delibera as regras e os critérios de cálculo para a negociação de títulos públicos, a forma de cálculo para o PU das NTN-F é:

a) Cálculo dos Juros:

$$PU \text{ de Juros} = \sum_{i=1}^n \left\{ \left[ \left( \frac{i}{100} + 1 \right)^{\frac{6}{12}} \right] - 1 \right\} \times 100 \quad (01)$$

Onde:

*Juros*: Taxa de juros do cupom no semestre.

*i*: Taxa de juros (% a.a.).

b) Cálculo do PU:

$$PU_{(NTN-F)} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{cupom}}{\left(1 + \frac{\text{taxa}}{100}\right)^{\frac{du_t}{252}}} + \frac{1000}{\left(1 + \frac{\text{taxa}}{100}\right)^{\frac{du_T}{252}}} \quad (02)$$



Onde:

$i$ : Taxa de juros (%a.a.) definido no edital do leilão.

$n$ : Número de fluxos de pagamentos do título.

$TIR$ : Taxa interna de retorno, correspondente a taxa efetiva anual.

$du_i$ : Dias úteis entre a data de liquidação (inclusive) e a datado pagamento de juros (exclusive).

$du_n$ : Dias úteis entre a data de liquidação (inclusive) e a data de vencimento (exclusive).

### 3.1.2 Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B)

As NTN-B possuem características semelhantes que as NTN-F, porém contam com um ganho real, conforme as características do Decreto nº 3.859:

- Prazo: definido pelo Ministério da Fazenda, quando da emissão do título;
- Taxa de Juros: definida pelo Ministério da Fazenda, quando da emissão, em percentual ao ano;
- Modalidade: nominativa;
- Valor nominal na data-base: múltiplos de R\$ 1.000,00;
- Atualização do valor nominal: pela variação do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA do mês anterior divulgado pela Fundação Instituto brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, desde a data base do título;
- Pagamento de juros: semestralmente;
- Resgate do Principal: em parcela única, na data do vencimento.

De acordo com a Deliberação nº3 da ANBIMA, as fórmulas utilizadas no cálculo do VNA (Valor Nominal Atualizado), Juros, Cotação, e PU, são:

a) Cálculo do VNA

a. Quando a data de cálculo coincide com o décimo quinto dia do mês:

b.

$$VNA = \frac{IPCA_t}{IPCA_0} * VN_{db}$$

(03)

Onde:

$VNA$ : Valor Nominal mês fechado.

$IPCA_t$ : N° Índice do IPCA do mês anterior ao de referência, divulgado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

$IPCA_0$ : N° Índice do IPCA do mês anterior a data-base, divulgado pelo IBGE.

$VN_{ab}$ : Valor Nominal na data-base = 1.000.

- c. Data entre a divulgação do IPCA do mês anterior e a do décimo quinto dia do mês atual:

$$VNA = VNA_{t-1} * \left( \frac{IPCA_{t-1}}{IPCA_{t-2}} \right)^{\left( \frac{du1}{du2} \right)} \quad (04)$$

Onde:

$VNA$ : Valor Nominal Atualizado.

$VNA_{t-1}$ : Valor Nominal Atualizado do mês anterior.

$IPCA_{t-1}$ : N° Índice do IPCA do mês anterior.

$IPCA_{t-2}$ : N° Índice do IPCA de dois meses anteriores.

$du1$ : Número de dias úteis entre o dia 15 do mês anterior ao mês de liquidação (inclusive) e o dia 15 do mês de liquidação (exclusive).

- d. Data de cálculo após o décimo quinto dia do mês:

$$VNA = VNA_{t-1} * (1 + IPCA_{proj})^{\left( \frac{du1}{du2} \right)} \quad (05)$$

Onde:

$VNA$ : Valor Nominal Atualizado.

$VNA_{t-1}$ : Valor Nominal Atualizado do mês anterior.

$IPCA_{proj}$ : Projeção do IPCA para o mês de referência, definido no Comitê de Acompanhamento Macroeconômico da ANBIMA.

$du1$ : Número de dias úteis entre o dia 15 do mês de referência (inclusive) e a data de liquidação (exclusive).

$du2$ : Número de dias úteis entre o 15 dia do mês de liquidação (inclusive) e o dia 15 do mês seguinte (exclusive).

b) Cálculo do Juros:

$$Juros = \left\{ \left[ \left( \frac{i}{100} + 1 \right)^{\frac{6}{12}} \right] - 1 \right\} \times 100$$

(06)

Onde:

*Juros*: Taxa de juros do cupom no semestre.

*i*: taxa de juros (%a.a.) definido no edital do leilão.

c) Cálculo da Cotação:

$$Cotação = \sum_{i=1}^n \frac{\left[ \left( \frac{i}{100} + 1 \right)^{\frac{6}{12}} \right] - 1 * 100}{\left[ \left( \frac{TIR}{100} + 1 \right)^{\frac{du_1}{252}} \right]} + \frac{100}{\left[ \left( \frac{TIR}{100} + 1 \right)^{\frac{du_n}{252}} \right]}$$

(07)

Onde:

*Cotação*: Cotação do título, em relação ao VNA.

*i*: Taxa de juros (%a.a.) definida no edital do leilão.

*n*: Números defluxo de pagamento do título.

*TIR*: Taxa Interna de Retorno, correspondente a taxa efetiva anual.

*du<sub>i</sub>*: Dias úteis entre a data de liquidação (inclusive) e a data de pagamento de juros (exclusive).

*du<sub>n</sub>*: Dias úteis entre a data de liquidação (inclusive) e a data de vencimento (exclusive).

d) Cálculo do PU:

$$PU = Cotação \times VNA$$

(08)

Onde:

*PU*: Preço Unitário.

*Cotação*: Cotação do Título.

*VNA*: Valor Nominal Atualizado.

### 3.2 A ESTRUTURA A TERMO DAS TAXAS DE JUROS (ETTJ)

Bodie, Kane, Marcus (2000) define o investimento como sendo o comprometimento atual de dinheiro ou de outros recursos com a expectativa de colher benefícios futuros. Portanto, esse comprometimento em benefício de uma expectativa de ganhos futuros, pode ser na forma de ativos reais ou ativos financeiros. Sendo assim, enquanto que, os ativos reais geram uma renda líquida para a economia, os ativos financeiros simplesmente definem a alocação de renda ou de riqueza entre os investidores, e são remunerados por uma taxa de juros.

A taxa de juros ( $i$ ) é a remuneração de uma unidade de capital aplicada ao longo de uma unidade de tempo ( $t$ ). O custo do dinheiro no tempo faz com que as taxas de juros sejam uma variável muito sensível ao ambiente econômico, como se fosse um produto, fazendo com que essa taxa seja negociada no mercado financeiro, influenciada pela lei da oferta e demanda (BERGER, 2012). Conforme Securato (2008), essa taxa de juros é influenciada pelas expectativas dos agentes econômicos, assim como retratada pelos contratos futuros de DI, então registrados na Bolsa de Mercadorias de São Paulo.

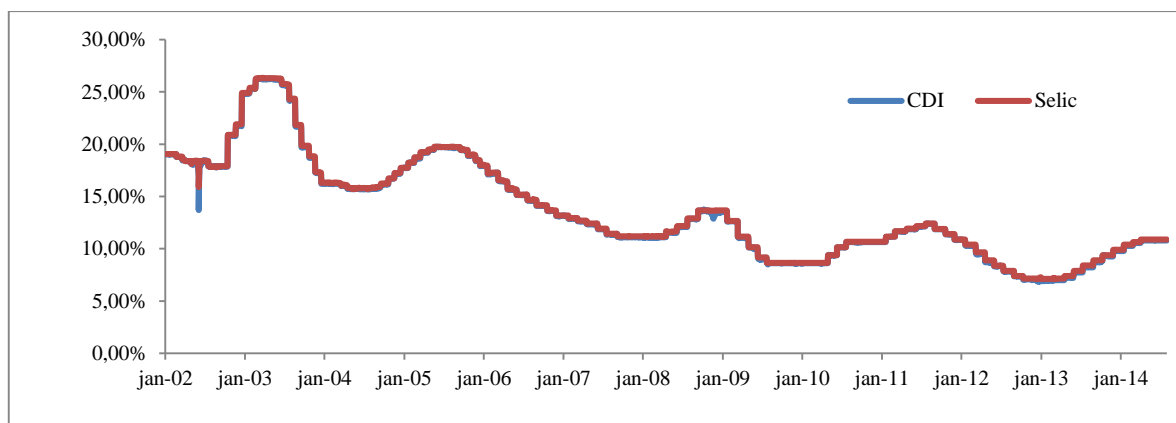
Berger (2012) caracterizou o DI-Futuro como um fluxo prefixado com o montante avaliado no vencimento em R\$100.000,00, no qual os investidores negociavam essa taxa de juros simultaneamente, gerando assim uma expectativa de taxa para cada prazo futuro. As datas de vencimentos e suas referidas taxas são utilizadas como base para a construção dos vértices que formam a ETTJ.

Por consequência, a ETTJ é uma relação entre a taxa de juros e a maturidade da aplicação. Para cada prazo temos uma taxa de juros futuro estimada, que reflete a expectativa média do mercado para essa taxa de hoje até seu vencimento (SECURATO, 2008). No Brasil, a taxa que serve como parâmetro para a construção da ETTJ é o CDI (Certificado de Depósito Interbancário).

Fortuna (2011) define os Certificados de Depósito Bancário (CDI) como sendo os títulos de emissão das instituições financeiras monetárias e não monetárias que lastreiam operações no mercado interbancário. Sua principal função é transferir recursos de uma instituição financeira para outra. Satisfazendo algumas condições prévias, o Banco Central autoriza os bancos múltiplos, os bancos comerciais, de investimentos, de desenvolvimento, as caixas econômicas, as sociedades de crédito, financiamento e investimento, as sociedades de crédito imobiliário, as associações de poupança e empréstimo, as cooperativas de crédito e as sociedades de arrendamento mercantil a receberem depósitos interfinanceiros. Normalmente, o custo do dinheiro de um dia negociado no mercado interbancário é muito próximo as taxas negociadas

que possuem como lastro títulos públicos (taxa SELIC), negociados no mercado aberto. Segundo Securato (2008), “em termos de mercado financeiro brasileiro, a taxa por dia útil, isto é, a taxa do CDI, é a base para a construção da estrutura temporal das taxas de juros. É a partir do CDI que estabelecemos as taxas de aplicação e captação para 30, 60 90 dias ou mais”.

**Gráfico 1 - Evolução das taxas CDI e SELIC**



Fonte: Quantum Axis (2014).

Para Furcolin (2010), a taxa do CDI é reconhecida como o melhor *benchmark* para a construção da Estrutura a Termo das Taxas de Juros, pois, para os diferentes pontos da curva da ETTJ, necessita-se um indicativo médio para alguns prazos. E, nesse sentido, os contratos de DI futuro, negociados na BM&F, são os mais utilizados.

“O CDI constitui uma referência para a economia como um todo ao sintetizar, em seus pregões, as expectativas sobre os comportamentos dos juros para períodos futuros. Isso é possível, em primeiro lugar, pelo seu elevado grau de liquidez, que garante a formação de preços em ambiente competitivo e com total transparência” (BM&F, 2011, p.48)

A própria BM&F (2011) define suas principais características, como:

- **Cotação e registro do contrato:** A cotação é feita em taxa efetiva de juros anual, em 252 dias úteis, com até três casa decimais. O registro porém é feito pelo seu Preço Unitário (PU), calculado da seguinte fórmula:

$$PU = \frac{100.000}{(1+i)^{n/252}}$$

(09)

Onde:

*PU*: Preço Unitário.

$n$ : Dias úteis até o vencimento do título.

$i$ : Taxa de juros (em %a.a.).

- **Taxas implícitas no PU:** Para saber qual a taxa de juros em um determinado período, basta dividir a taxa referente ao período que se deseja, considerando o prazo de negociação até o vencimento.
- **Cálculo do Ajuste Diário:** O ajuste diário é calculado pela seguinte fórmula: Ajuste no dia da operação:

$$AD_t = (PA_t - PO) \times M \times N \quad (10)$$

Ajuste da posição no dia anterior:

$$AD = \left\{ PA_t - \left[ PA_{t-1} \times (1 + DI_{t-1})^{\frac{1}{252}} \right] \right\} \times M \times N \quad (11)$$

Onde:

$AD_t$ : Valor do ajuste diário, em R\$, em “t”.

$PA_t$ : PU de ajuste em “t”.

$PO$ : PU da operação.

$M$ : Valor em reais de cada ponto da operação.

$N$ : números de contratos.

$PA_{t-1}$ : PU de ajuste em “t-1”.

$DI_{t-1}$ : Taxa do DI de um dia em “t-1”.

Caso o ajuste seja positivo, o operador está vendido em PU (comprado em taxa) e paga o valor do ajuste ao comprado em PU (vendido em taxa). E se o ajuste for negativo, o operador comprado em PU (vendido em taxa), pagará o ajuste ao operador vendido em PU (comprado em taxa).

- **Liquidação no vencimento:** Nessa data, o valor do contrato será de R\$ 100.000,00 (cem mil reais), com um PU final de 100 mil pontos. Como o PU do contrato é corrigido diariamente pela taxa DI de um dia, calculado pelo PU de ajuste, desde a data de negociação até o

vencimento, acumulada entre a data de negociação inclusive e o último dia de negociação do contrato inclusive.

A BM&F divulga diariamente os PUs de ajuste atual e do dia anterior de todos os vencimentos dos contratos futuros de DI, de forma que são formados um conjuntos de pontos (taxas dos diversos vencimentos) espalhados no tempo, que pela metodologia de interpolação exponencial, obtém-se uma taxa de juros para qualquer prazo entre as taxas já divulgadas. Berger (2012) cita que, considerando a hipótese de não arbitragem entre os títulos que não pagam cupom e ainda a inexistência do risco de crédito entre os emissores, é possível calcular a taxa de juros esperada entre o primeiro e o segundo período de tempo através da relação de equilíbrio:

$$(1 + i_{(t,t+1)}) * (1 + i_{(t+1,t+2)}^e) = (1 + i_{t,t+2}) \quad (12)$$

Onde:

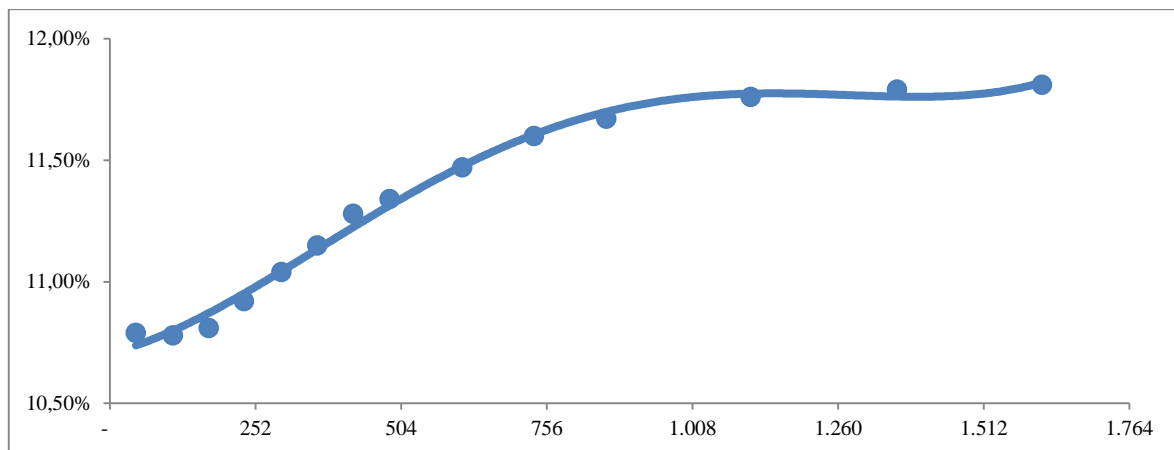
$i_{(t,t+1)}$ : Taxa de juros praticada entre o tempo “t” e “t+1”

$i_{(t,t+2)}$ : Taxa de juros praticada entre o tempo “t” e “t+2”

$i_{(t+1,t+2)}^e$ : Taxa de juros esperada entre o tempo “t+1” e “t+2”

A partir da formação de taxas com intervalos cada vez menores, Berger (2012) considera que formará a construção de uma função contínua que representará a formação das taxas de juros em determinado tempo, levando a constituição da chamada ETTJ. O autor ainda considera que existem vários *softwares* no mercado que estimam essa estrutura, principalmente a partir de modelos de regressão, os quais estão fora do objetivo principal do presente trabalho. O Gráfico 2 é uma estimativa da ETTJ, a partir dos pontos referentes aos vencimentos dos contratos futuros de DI, divulgados pela BM&F, acrescentando uma linha de tendência Polinomial, de ordem 4, tomando como base o estudo do autor.

**Gráfico 2 - Estrutura a Termo das Taxas de Juros em 31 de setembro de 2014**



Fonte: BM&F (2014).

Várias instituições calculam os preços dos títulos públicos a mercado pela a ETTJ, mas a grande maioria das instituições usam como referência os preços divulgados pela ANBIMA, o qual serão também utilizados como principal base de dados do presente trabalho.

### 3.3 A MARCAÇÃO A MERCADO

Em 1999, o Banco Central do Brasil e o Tesouro Nacional delegaram a ANBIMA a função de marcar os títulos públicos a mercado, além de divulgar os preços para negociação no mercado secundário – no qual os títulos são negociados após o leilão primário oferecido pelo Tesouro. Para esse trabalho, a ANBIMA conta com a participação de instituições atuantes no mercado secundário de títulos públicos, incluindo gestoras de recursos e intermediários financeiros. Estas instituições fornecem informações ao SUP, Sistema Único de Precificação, desenvolvido exclusivamente para esse fim pela Associação, que através da Deliberação Número 4, conferidas pelo Código ANBIMA de Regulação e Melhores Práticas de Negociação de Instrumentos Financeiros (“Código”), informam:

- Taxas máximas e mínimas praticadas e/ou observadas ao longo do dia;
- Taxas indicativas, que são avaliadas como sendo a referência de preço justo de negócio para cada vencimento dos títulos públicos, de acordo com suas curvas e características particulares, havendo ou não negócios.

Desta forma, a fim de auxiliar as instituições participantes, dentre outras, a ANBIMA:



- Informa, em seu site, uma média das projeções do IGP-M (para as NTN-C) e IPCA (para as NTN-B) para o mês, apuradas junto aos membros do Comitê de Acompanhamento Macroeconômico da Associação, e;

- Para melhor padronização das taxas de NTN-F e LTN, convencionou-se em seu Comitê de Precificação de Ativos, que essas taxas devem considerar o fechamento dos mercados futuros de juros, adicionando os devidos prêmios para a negociação dos títulos públicos no mercado primário e secundário.

Nesse sentido, após o colhimento das informações, os dados são tratados por um amplo filtro estatístico e seu resultado final é divulgado, tanto a taxa indicativa quanto um intervalo indicativo usado para ser referência nas negociações, no site da Associação.

### 3.4 DURATION E IMUNIZAÇÃO

O conceito de duração, ou *duration*, foi proposto por Frederick R. Macaulay, em 1938, onde mostrou que o simples prazo médio entre a emissão até o vencimento era uma medida inadequada em relação ao elemento tempo e que este poderia estar omitindo informações importantes como algum pagamento anterior ao seu vencimento (VARGA, 1993). A fórmula hoje conhecida, inicialmente sugerida por Macaulay e posteriormente generalizada por Fisher e Weil (1971), procura levar em conta o dinheiro no tempo, a partir da fórmula do prazo médio ponderado (SECURATO, 2008):

$$PV = \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1 + i_j)^{d_j}} \quad (13)$$

Onde:

$PV$ : Valor Presente

$F_j$ : Valor do fluxo de caixa.

$i_j$ : Taxa de juros no fluxo de caixa.

$d_j$ : Prazo do fluxo de caixa.

Buscando corrigir o valor de cada fluxo,  $F_j$ , por uma taxa  $i_j$ , a equação acima transformou-se na fórmula da *duration*, resumida pela fórmula do prazo médio, mas levando em conta o dinheiro no tempo.

$$D = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1 + i_j)^{d_j}} * d_j}{PV} \quad (14)$$

Onde:

$D$ : *Duration*.

$F_j$ : Valor do fluxo de caixa.

$i_j$ : Taxa de juros no fluxo de caixa.

$d_j$ : Prazo do fluxo de caixa.

$PV$ : Valor presente.

Desta forma, tomando como base a fórmula do prazo médio ponderado SECURATO (2008), para uma carteira que possui vários títulos de renda fixa, sua *duration* poderá ser calculada como:

$$D = \frac{F_1 D_1 + F_2 D_2 + \dots + F_n D_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} \quad (15)$$

Onde:

$D_n$ : *Duration* ou prazo da operação  $n$ .

$F_n$ : Valor de mercado da operação  $n$ .

Sabendo do valor da *duration* da carteira, de acordo com Furcolin (2010), é possível estimar a sensibilidade da carteira de renda fixa com flutuações das taxas de juros de mercado (futuros de DI) e, nesse sentido, fazer com que a variação de uma se torne imune a variação da outra, pelo modelo de *duration hedge*, onde:

$$V_a * D_a = V_p * D_p \quad (16)$$

Sendo:

$V_a$ : Valor dos ativos da carteira (a mercado).

$D_a$ : *Duration* dos ativos da carteira.

#### 4. APLICAÇÃO DO MODELO DE IMUNIZAÇÃO VIA DURATION

##### 4.1 COMPOSIÇÃO DA POSIÇÃO A VISTA

A Tabela 1 ilustra a carteira a vista de títulos públicos adquirida em 31/12/2012.

**Tabela 1 - Composição da carteira em 31 de dezembro de 2012**

Ativo	Operação	Vencimento	Taxa	Quantidade	PU	Financeiro (R\$)
NTN-B	31/12/2012	15/08/2020	IPCA+3,9%a.a.	10.000,00	2.698,9043880	26.989.043,88
NTN-B	31/12/2012	15/08/2022	IPCA+3,30%a.a.	10.000,00	2.753,4531990	27.534.531,99
NTN-B	31/12/2012	15/08/2040	IPCA+3,93%a.a.	10.000,00	3.031,7241090	30.317.241,09
NTN-F	31/12/2012	01/01/2018	8,53%a.a.	30.000,00	1.106,1457370	33.184.372,11
NTN-F	31/12/2012	01/01/2023	9,18%a.a.	30.000,00	1.101,6036130	33.048.108,39
TOTAL						151.073.297,46

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os ativos foram adquiridos pelo preço de fechamento da ANBIMA, ou seja não houve marcação a mercado no dia, sendo que o Valor Aplicado se igualou ao Valor de Mercado dos títulos. Os vencimentos dos títulos foram escolhidos com o objetivo de não haver dos mesmos vencimentos em anos iguais. Já as quantidades foram definidas inicialmente em 10 mil para as NTN-B e três vezes mais para as NTN-F, de forma a que a carteira seja mais balanceada entre os dois ativos, com 56% do Patrimônio Líquido em NTN-B e 43% para as NTN-F.

##### 4.2 A PRIMEIRA IMUNIZAÇÃO

Depois de determinada a posição a vista ilustrada acima, as informações relativas ao peso de cada operação em relação ao financeiro total da carteira e a *duration* das mesmas, divulgadas pela ANBIMA, foram acrescentadas ao modelo. O cálculo (17), de média ponderada, leva em conta o valor de cada aplicação multiplicado por sua respectiva *duration*, dividido pelo valor total da carteira. Assim, encontrou-se a duração média da carteira.

$$Duration \text{ Média Ponderada} = \frac{((Fin1xDur1) + (Fin2xDur2) + (Fin3xDur3) + (Fin4xDur4) + (Fin5xDur5))}{(Valor \text{ Total Carteira})}$$

(17)

O cálculo foi feito com base em 02/01/2013, pois no dia 31/12/2012 não houve pregão na BM&F.

**Tabela 2 - Composição e *duration* média da carteira em 02 de janeiro de 2013**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
02/01/2013	NTN-B	15/08/2020	27.075.742,49	18,21%	1.575
02/01/2013	NTN-B	15/08/2022	27.643.731,65	18,59%	1.902
02/01/2013	NTN-B	15/08/2040	30.495.033,22	20,51%	3.907
02/01/2013	NTN-F	01/01/2018	31.770.502,86	21,36%	1.031
02/01/2013	NTN-F	01/01/2023	31.728.260,04	21,34%	1.684
<b>TOTAL</b>			<b>148.713.270,26</b>	<b>100,00%</b>	<b>2.021</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como o resultado deu uma *duration* de aproximadamente 8 anos (dois mil e vinte e um dias úteis), optou-se por efetuar a operação de imunização com contratos de DI's de vencimentos mais longos, e com maior representatividade em termos de negócio. De todos os contratos de DI's disponíveis na BM&F, foram escolhidos o DI1F17 (com vencimento em janeiro de 2017) e o DI1F21 (com vencimento em janeiro de 2021).

**Tabela 3 - Composição dos Futuros de DI em 02 de janeiro de 2013**

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
DI1F17	01/01/2017	1007	-1,00%	21	72332,3	1.506.214,33
DI1F21	01/01/2021	2010	101,00%	3.070	49696,52	152.579.511,79
		2.020	100%			

Fonte: BM&F

A Tabela 3 ilustra a composição dos contratos de DI's, que farão a imunização da posição a vista acima mencionada. A *duration* de cada vencimento foi calculada levando em contas o número de dias úteis entre o dia 02/01/2013 e as datas de vencimento de cada contrato.

Sendo assim, depois de calculada a *duration* de cada contrato, foi feita uma ponderação entre cada *duration* e seu respectivo peso, afim de chegar em um número que igualasse ou chegasse bem próximo ao valor calculado pela carteira a vista, 2.021 dias úteis. O peso de cada vencimento foi determinado por tentativa e erro, até chegar a um percentual que a *duration* média ficasse a mais próxima possível da carteira de títulos públicos.

Logo, chegou-se aos valores de -1% para o DI1F17 e 101% para o DI1F21. Esse resultado faz sentido, pois como a *duration* média da carteira a vista é maior que a *duration* do contrato mais longo, o valor de -1% para o DI1F17 representa uma posição comprada nesse contrato, contrastando com a posição vendida em DI1F21, aumentando a *duration* total da carteira. A coluna Financeiro foi calculada multiplicando-se os respectivos pesos pelo PL total da carteira. A coluna quantidade foi calculada dividindo-se o Financeiro pelo PU, este se refere ao PU de Ajuste Anterior divulgado pela BM&F.

Após calculada a *duration* dos títulos de renda fixa, e, posteriormente de toda a carteira, esta poderá tornar-se imune as variações das taxas de juros quando o valor de mercado do ativo (títulos de renda fixa), multiplicado pela *duration* desse mesmo ativo, for igual ao valor de mercado do passivo (posição vendida em contratos de DI Futuro) então multiplicado pela *duration* do próprio passivo (SUEN, 1997). Nesse sentido, note-se que para concluir a operação de imunização o sinal das quantidades devem ser invertidos, de forma que foi efetuada uma posição comprada de 21 contratos de DI1F17 e 3.070 contratos vendidos de DI1F21. De forma a simplificar o modelo, o preço de aquisição do contrato foi exatamente o mesmo divulgado pela BM&F. Os custos geralmente cobrados nesse tipo de operação não serão contabilizados no modelo.

Periodicamente, na medida em que houver pagamentos de cupons ou vencimentos dos títulos de renda fixa, a imunização deverá ser ajustada, pois esses movimentos farão com que a igualdade das durações seja afetada.

#### 4.3 AJUSTES NAS POSIÇÕES POR PAGAMENTO DE CUPOM.

Como as NTN-B e as NTN-F contam com o pagamento de juros semestrais em diferentes datas, desde o dia 02/01/2013 onde teve o primeiro pagamento de CUPOM de NTN-F e a respectiva constituição da carteira de DI's, houveram mais 6 ocasiões em que estes eventos ocorreram. Ao mesclar os pagamentos de NTN-B e NTN-F, presencia-se uma significativa queda da posição comprada dos títulos públicos e mudança na *duration* média da carteira, fazendo com que a estratégia de imunização fique desenquadrada. Para isso, optou-se em ajustar a carteira de DI's a cada evento.

##### **Evento 01, dia 15 de fevereiro de 2013.**

Pagamento de CUPOM de NTN-B: R\$ 665.267,60

**Tabela 4 - Composição da carteira em 15 de fevereiro de 2013**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
15/02/2013	NTN-B	15/08/2020	25.886.555,36	17,92%	1.577
15/02/2013	NTN-B	15/08/2022	26.359.193,75	18,25%	1.906
15/02/2013	NTN-B	15/08/2040	29.381.982,15	20,34%	3.914
15/02/2013	NTN-F	01/01/2018	31.488.352,62	21,80%	998
15/02/2013	NTN-F	01/01/2023	31.305.240,96	21,68%	1.643
<b>TOTAL</b>			<b>144.421.324,84</b>	<b>100,00%</b>	<b>2.001</b>

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
D1F17	01/01/2017	977	-2,09%	42	71490,24	3.023.776,49
D1F21	01/01/2021	1980	102,09%	3.054	48276,49	147.445.101,33
<b>TOTAL</b>		<b>2.001</b>	<b>100%</b>			<b>144.421.324,84</b>

Fonte: Financeira (2014) e BM&F (2014).

### Evento 02, dia 01 de julho de 2013.

Pagamento de CUPOM de NTN-F: R\$ 2.928.530,88

**Tabela 5 - Composição da carteira em 01 de julho de 2013**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
01/07/2013	NTN-B	15/08/2020	24.772.743,28	18,69%	1.468
01/07/2013	NTN-B	15/08/2022	25.029.233,11	18,88%	1.787
01/07/2013	NTN-B	15/08/2040	25.582.010,56	19,30%	3.544
01/07/2013	NTN-F	01/01/2018	28.958.767,35	21,85%	941
01/07/2013	NTN-F	01/01/2023	28.205.063,16	21,28%	1.584
<b>TOTAL</b>			<b>132.547.817,46</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.838</b>

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
D1F17	01/01/2017	884	4,89%	93	69292,04	6.475.416,81
D1F21	01/01/2021	1887	95,11%	2.809	44882,37	126.072.400,65
<b>TOTAL</b>		<b>1.838</b>	<b>100%</b>			<b>132.547.817,46</b>

Fonte: Financeira (2014) e BM&F (2014).

### Evento 03, dia 15 de agosto de 2013:

Pagamento de CUPOM de NTN-B: R\$ 680.572,58

**Tabela 6 - Composição da carteira em 15 de agosto de 2013**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
15/08/2013	NTN-B	15/08/2020	23.750.689,51	18,44%	1.471
15/08/2013	NTN-B	15/08/2022	23.854.905,95	18,52%	1.795
15/08/2013	NTN-B	15/08/2040	24.482.921,07	19,01%	3.566
15/08/2013	NTN-F	01/01/2018	28.913.846,97	22,45%	906
15/08/2013	NTN-F	01/01/2023	27.774.587,61	21,57%	1.538
<b>TOTAL</b>			<b>128.776.951,11</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.817</b>

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
D1F17	01/01/2017	851	3,69%	68	69420,5	4.750.495,70
D1F21	01/01/2021	1854	96,31%	2.813	44096,95	124.026.455,41
<b>TOTAL</b>		<b>1.817</b>	<b>100%</b>			<b>128.776.951,11</b>

Fonte: Financeira (2014) e BM&F (2014).

### Evento 04, dia 02 de janeiro de 2014:

Pagamento de CUPOM de NTN-F: R\$ 2.928.530,88

**Tabela 7 - Composição da carteira em 02 de janeiro de 2014**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
02/01/2014	NTN-B	15/08/2020	23.720.870,51	19,33%	1.366
02/01/2014	NTN-B	15/08/2022	23.515.867,87	19,16%	1.682
02/01/2014	NTN-B	15/08/2040	22.551.936,80	18,37%	3.263
02/01/2014	NTN-F	01/01/2018	27.655.023,57	22,53%	847
02/01/2014	NTN-F	01/01/2023	25.294.861,41	20,61%	1.483
<b>TOTAL</b>			<b>122.738.560,16</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.682</b>

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
DH1F17	01/01/2017	754	7,48%	130	70699,12	9.177.858,44
DH1F21	01/01/2021	1757	92,52%	2.675	42456,87	113.560.701,72
<b>TOTAL</b>		<b>1.682</b>	<b>100%</b>			<b>122.738.560,16</b>

Fonte: Financeira (2014) e BM&F (2014).

### Evento 05, dia 17 de fevereiro de 2014:

Pagamento de CUPOM de NTN-B: R\$ 702.257,53

**Tabela 8 - Composição da carteira em 17 de fevereiro de 2014**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
17/02/2014	NTN-B	15/08/2020	23.249.277,29	19,14%	1.373
17/02/2014	NTN-B	15/08/2022	22.933.978,57	18,88%	1.696
17/02/2014	NTN-B	15/08/2040	21.404.744,12	17,62%	3.270
17/02/2014	NTN-F	01/01/2018	28.012.173,12	23,06%	815
17/02/2014	NTN-F	01/01/2023	25.862.851,08	21,29%	1.454
<b>TOTAL</b>			<b>121.463.024,18</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.657</b>

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
DH1F17	01/01/2017	722	6,78%	116	71007,98	8.234.781,30
DH1F21	01/01/2021	1725	93,22%	2.633	42999,8	113.228.242,88
<b>TOTAL</b>		<b>1.657</b>	<b>100%</b>			<b>121.463.024,18</b>

Fonte: Financeira (2014) e BM&F (2014).

### Evento 06, dia 01 de julho de 2014:

Pagamento de CUPOM de NTN-F: R\$ 2.928.530,88

**Table 9 - Composição da carteira em 01 de julho de 2014**

Data Posição	Título	Vencimento	Financeiro	Peso	Duration
01/07/2014	NTN-B	15/08/2020	25.322.641,70	19,29%	1.289
01/07/2014	NTN-B	15/08/2022	25.317.039,40	19,29%	1.619
01/07/2014	NTN-B	15/08/2040	24.781.102,84	18,88%	3.334
01/07/2014	NTN-F	01/01/2018	28.689.543,18	21,85%	765
01/07/2014	NTN-F	01/01/2023	27.161.903,76	20,69%	1.465
<b>TOTAL</b>			<b>131.272.230,88</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.660</b>

Código DI	Vencimento	Duration	Peso	Quantidade	PU	Financeiro
DH1F17	01/01/2017	632	-2,49%	43	76038,84	3.271.989,80
DH1F21	01/01/2021	1635	102,49%	2.817	47768,34	134.544.220,68
<b>TOTAL</b>		<b>1.660</b>	<b>100%</b>			<b>131.272.230,88</b>

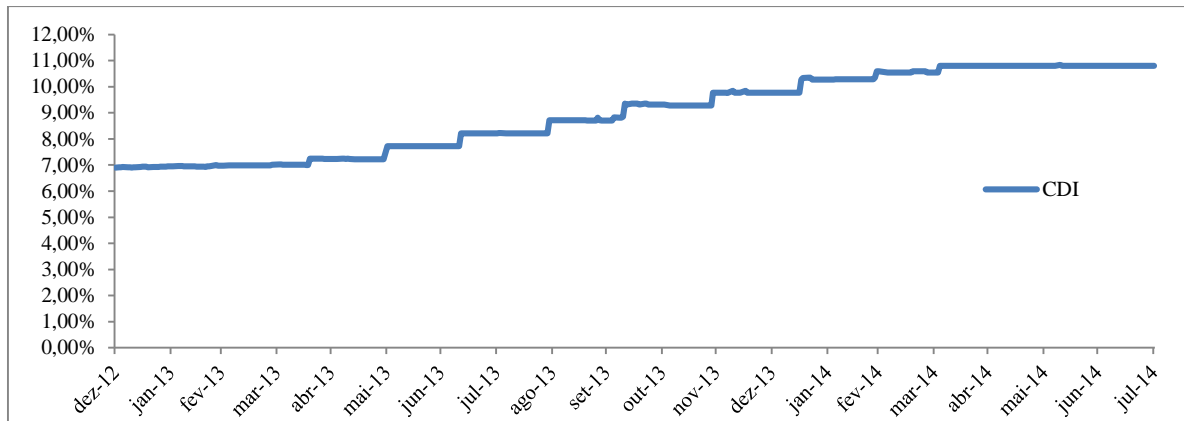
Fonte: Financeira (2014) e BM&F (2014).

## 4.4 RESULTADO ACUMULADO DA ESTRATÉGIA

Conforme mencionado por Bodie, Kane, Marcus (2000), em um mercado competitivo os títulos precisam oferecer taxas justas aos investidores, pois se um título está rendendo com uma taxa de 8% ao ano para o mesmo vencimento a taxa básica de juros normalmente sobe de 8% para 9% ao ano. Assim, o preço deste título terá que cair até chegar a um preço que se ofereça uma rentabilidade próxima de 9% ao ano. Nesse sentido, analisando a taxa anual histórica do

CDI desde o período de aquisição dos títulos até a data final do trabalho, notamos que houve um significativo aumento, iniciado em dezembro de 2012 em 6,82% a.a. e terminando o período analisado em 10,80% ao ano. Esta mudança ocasionou um ajuste para baixo nos PUs dos ativos afim de oferecer uma rentabilidade mais próxima a de mercado, aquela que o investidor estiver exigindo.

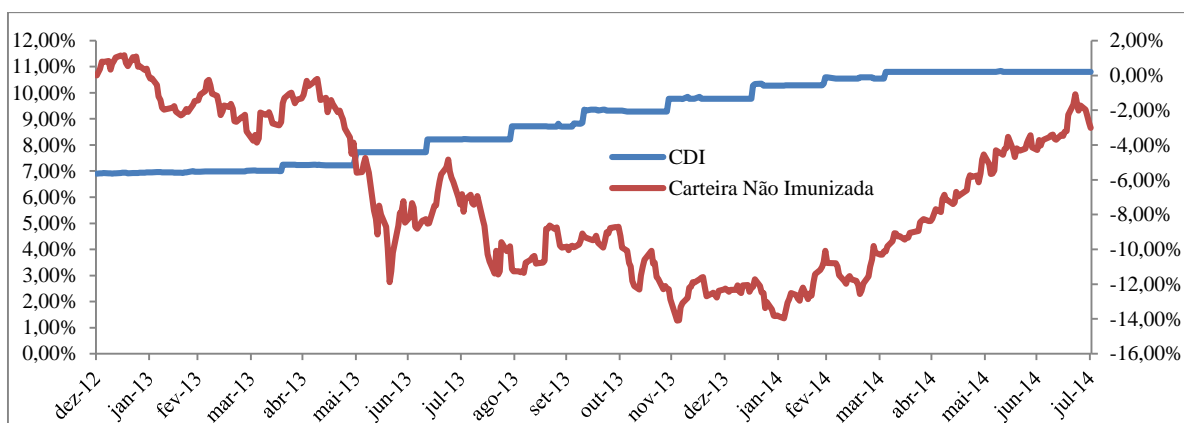
**Gráfico 3 - Evolução do CDI, de 31 de dezembro de 2012 a 31 de julho de 2014**



Fonte: Quantum Axis (2014).

A carteira a vista composta pelas NTN-B e pelas NTN-F, caso não fossem imunizadas, teriam um comportamento inversamente proporcional à elevação das taxas de juros por um longo período, até que as expectativas de elevação dos juros fossem estabilizadas.

**Gráfico 4 - Relação entre a Carteira não Imunizada e o CDI, de 31 de dezembro de 2012 a 31 de julho de 2014**



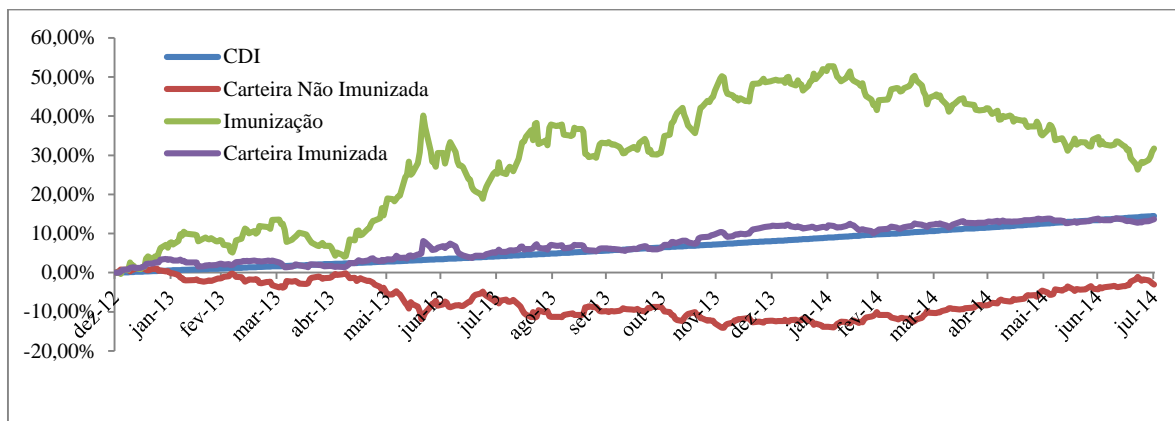
Fonte: Quantum Axis (2014) e Financial (2014).

Esse comportamento inversamente proporcional entre a elevação das taxas de juros com a queda do PU dos títulos públicos é marcante, mas com a estratégia de imunização, as perdas



incorrentes com a elevação das taxas de juros foram parcialmente compensadas com os ganhos das operações de derivativos.

**Gráfico 5 - Relação entre a Imunização, Carteira não Imunizada, Carteira Imunizada e o CDI, de 31 de dezembro de 2012 a 31 de julho de 2014**



Fonte: Quantum Axis (2014) e Financial (2014).

A carteira de títulos públicos a vista, caso não fossem imunizadas por uma posição contrária em derivativos de DI, sofreriam uma queda máxima de 14,9% em 03/12/2013, recuperando o prejuízo para resultado final de -3,02% no acumulado do período, em comparação com um rendimento de 14,51% do CDI, conforme ilustrado na linha vermelha e azul, respectivamente, dentro do Gráfico 05.

A carteira imunizada teve um comportamento bem próximo ao ativo livre de risco (CDI), mostrando a eficácia da estratégia, principalmente no acumulado, em que o resultado final foi uma rentabilidade de 14,51% do CDI contra 13,63% da carteira imunizada, com um relativo de 94% DI em todo o período.

Em alguns momentos, o descolamento da carteira imunizada com o CDI foi relevante, podendo ser explicado por fatores que estão fora do modelo analisado, principalmente em três períodos: de janeiro a março de 2013, com uma diferença máxima de 3,04%; entre junho a julho de 2013, a maior diferença de rentabilidade com 4,82%; e, por fim, no período de novembro de 2013 a fevereiro de 2014, com uma diferença positiva de 4,02% de máxima. Apesar desse descolamento ser favorável a carteira imunizada, a qual na maioria das vezes rentabilizou acima do CDI, esse movimento não é garantido e pode ser explicado em outros modelos ou estudos, fora do objetivo do trabalho atual.

## 5. CONCLUSÃO

No presente trabalho foi apresentada a estratégia de imunização de uma carteira de renda fixa, composta por títulos públicos prefixados, as NTN-F, e mistos, corrigidos pela inflação (IPCA) acrescida de uma taxa prefixada definida no momento de sua aquisição, além de marcados a mercado com seus preços e taxas divulgados pela ANBIMA. A estratégia de imunização consiste em, a partir da *duration* média da carteira de títulos públicos, efetuar uma posição contrária em derivativos, contratos futuros de DI, com a mesma duração e financeiro.

A partir da composição final da carteira, com a posição dos títulos públicos a vista em 31/12/2012 e a posição contrária em futuros de DI ocorrida em 02/01/2013, o período de análise estendeu-se até 31/07/2014, equivalente 399 dias úteis. Com os ajustes nos derivativos a cada pagamento de cupom e juros, o *portfólio* conseguiu ser mais resistente a elevação das taxas de juros. Este teve início a partir de abril de 2013 com final em maio de 2014, momento o qual a taxa dos Depósitos Financeiros disparou de 7,02% ao ano para 10,80% ao ano, um aumento de 3,78 pontos percentuais. Em contrapartida, a carteira imunizada reagiu positivamente ao acompanhar a evolução da rentabilidade do CDI, comprovando a eficácia da estratégia dentro do período analisado.

De toda a análise, em alguns momentos houve um certo descolamento da rentabilidade da carteira imunizada com o CDI, mais evidenciados nos meses de janeiro a março de 2013, junho e em de novembro do mesmo ano. Ao manter-se até fevereiro de 2014, a carteira imunizada obteve rendimentos acumulados maiores em comparação ao CDI. Esse movimento pode ter sido influenciado por diversos fatores que a estratégia de imunização usada no trabalho não captou e que pode ser explicado por algum movimento forte de mercado na busca pela compra destes títulos públicos, fazendo com que houvesse um aumento dos preços; por uma grande elevação na inflação implícita nas NTN-B; movimentos na curva de juros não sensíveis na atual análise, e limitações do modelo.

Por fim, existem estudos atuais, como o modelo ACP (Análises de Componentes Principais), entre outros, que buscam metodologias mais aprofundadas de proteção de carteiras, como também neutralizar movimentos não-paralelos na curva de juros e na não linearidade entre o movimento dos títulos com as taxas de juros, não considerados no modelo tradicional analisado.

Como sugestão para estudos futuros poderiam ser incorporadas no modelo variáveis que estão presentes nos títulos, como a capacidade do detentor em vender o ativo no mercado, chamado de liquidez, ou ainda a análise para títulos com indexadores menos comuns, como títulos cambiais ou indexados a outros índices de preços.

## REFERÊNCIAS

Associação Nacional das Instituições do Mercado Aberto. **Taxas de Juros:** pesquisa mostra o comportamento desse indicador de 1960 até 1997 / ANDIMA. Rio de Janeiro, 1997.

Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais. **Conselho de Regulação e Melhores Práticas de Negociação de Instrumentos Financeiros.** DELIBERAÇÃO Nº 3. São Paulo, 2013.

Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais. **Conselho de Regulação e Melhores Práticas de Negociação de Instrumentos Financeiros.** DELIBERAÇÃO Nº 4. São Paulo, 2013.

Associação Nacional das Instituições do Mercado Financeiro. **Taxas de Juros.** Rio de Janeiro: ANDIMA, 2004. p 92.

BM&F BOVESPA. Instituto Educacional. **Mercados Derivativos de Taxa de Juro.** São Paulo, SP – Setembro, 2011.

BODIE, Z; KANE, A; MARCUS, A; **Fundamentos de Investimentos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

BRASÍLIA. TESOURO NACIONAL. **Tesouro Direto.** Disponível em: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/web/stn/caracteristicas-dos-titulos-publicos>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

BRASIL. TESOURO NACIONAL. (Org.). **Relatório Mensal da Dívida Pública Federal: Maio/2014.** Brasília: Gerência de Relacionamento Institucional - Gerin, 2014. Disponível em: <[http://www.tesouro.fazenda.gov.br/documents/10180/113505/Texto\\_RMD\\_Mai\\_14.pdf](http://www.tesouro.fazenda.gov.br/documents/10180/113505/Texto_RMD_Mai_14.pdf)> Acesso em: 06 jul. 2014.

BERGER, Paulo Lamosa. **Mercado de Renda Fixa no Brasil: Ênfase em Títulos Públicos.** Rio de Janeiro: Nova Razão Cultural, 2012.

CARDIM DE CARVALHO, F. J; PIRES DE SOUZA, F.E; SICSU, J; RODRIGUES DE PAULA, L.F; STUDART, R. **Economia Monetária e Financeira.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CETIP. **Renda Fixa.** 2014. Disponível em: <<http://www.cetip.com.br/renda-fixa/estatisticas>>. Acesso em: jul. 2014.

FINANCIAL. 2014. Disponível em: <<https://somma.financialonline.com.br>>. Acesso em: jul. 2014.

FISHER, L; WEIL, R.L; **Coping With the Risk of Market-Rate Fluctuations: Returns to Bondholders from naïve and Optimal Strategies.** Journal of Business 44 (4) 408-431, October 1971.

FORTUNA, E. **Mercado Financeiro, Produtos e Serviços**. 18º Ed. Rio de Jan Qualitymark, 2011.

FURCOLIN FILHO, A. Imunização de Carteiras de Renda Fixa Utilizando a Análise de Componentes Principais na Estrutura a Termo **das Taxas de Juros Brasileira**. (Trabalho de Graduação) - Curso de Administração, Universidade de São Paulo, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

QUANTUM AXIS. 2014. Disponível em: <<http://www.quantumfinance.com.br/>>. Acesso em: jul. 2014.

SECURATO, J. R. **Cálculo Financeiro das Tesourarias: Bancos e Empresas**. São Paulo: Saint Paul, 2008.

SUEN, A.S; KIMURA, H; NONAKA, P.K; A Utilização do Modelo da *Duration* na Administração No Risco de Taxa de Juros em Carteiras de Renda Fixa em Bancos Brasileiros. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 2, n. 5, p.61-70, 2º sem. 1997.

VARGA, G. *Duração, Convexidade e Duration*. São Paulo: BM&F, 1993.