

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Centro Sócio Econômico - CSE
Departamento de Economia e Relações Internacionais

ARTUR ANDRADE DO LAGO

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE CARTEIRAS
DE TÍTULOS PÚBLICOS

Florianópolis, 2017

ARTUR ANDRADE DO LAGO

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE CARTEIRAS
DE TÍTULOS PÚBLICOS**

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

Orientador: André Alves Portela Santos

FLORIANÓPOLIS, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICA

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota 9,0 ao aluno ARTUR ANDRADE DO LAGO na disciplina CNM 7107 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

Prof. André Alves Portela Santos

Prof. Guilherme Valle Moura

Prof. Newton Carneiro Affonso da Costa Junior

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao pagador de impostos brasileiro, cujo trabalho proporcionou o financiamento necessário para os meus estudos.

Agradeço aos meus avós, Ema (in memoriam) e Sidney Do Lago, por serem entusiastas incondicionais das minhas ideias. A eles não só agradeço como dedico esse trabalho.

À minha mãe, Solange, por me ensinar, através do exemplo, o que são determinação e disciplina, atributos mais importantes do que nunca nos últimos quatro anos e meio.

Ao meu pai, Fabio, por me mostrar que discordar é também ter uma opinião própria, o que, desde cedo, deu-me espaço para formar minhas próprias opiniões.

À minha namorada, Luize, que me apoiou durante toda a graduação e foi fundamental para que eu nunca estivesse satisfeito e assim sempre procurasse evoluir.

Aos meus amigos Akauã Arroyo, Carolina Piazza, Dioner Segala e Márcio Prates por me desafiarem a enriquecer meu conhecimento de maneira constante e por fazerem desse desafio um divertimento.

Ao meu orientador, Prof. André Portela, por me apresentado o universo do mercado de capitais e pelas contribuições ao meu desenvolvimento e a este trabalho.

Aos demais professores e servidores do Departamento de Economia, cujo empenho me possibilitou concluir essa fase da minha formação.

À PwC, em especial à equipe do escritório de Florianópolis, por me abrirem as portas da vida profissional e me apoiarem enquanto eu mantinha compromissos com a UFSC e com o trabalho.

Ao André Kobayashi, pelo auxílio com as bases de dados e aplicação empírica e aos demais colegas da Cox Capital, pela compreensão durante o período de formulação desse trabalho.

"Difficulty is what wakes up the genius "
(Nassim Nicholas Taleb)

RESUMO

Este trabalho aborda a alocação e gestão de recursos em carteiras de investimento preenchidas exclusivamente por títulos públicos emitidos pelo Tesouro Nacional. Com o objetivo de indicar a melhor estratégia de gestão, são realizadas aplicações empíricas de diferentes estratégias difundidas no mercado de capitais sobre um conjunto de dados contendo títulos públicos brasileiros. São obtidas as estimativas dos desempenhos das diferentes estratégias e estas são então consideradas em comparações abordando conceitos de risco dentro de um ambiente livre de risco de *default*. As estratégias que possuem um desempenho ajustado ao risco que exceda o obtido pelo *benchmark* estabelecido são indicadas como opção de investimento para investidores avessos ao risco de *default*, muitos dos quais, atualmente, optam por opções de investimento com retornos ajustados ao risco muito inferiores.

Palavras-chave: Títulos públicos. Avaliação de performance. Estratégias de gestão. Carteiras de investimento.

ABSTRACT

This study addressed the allocation of resources within portfolios that only hold public bonds from the Brazilian treasury. Bearing the objective to indicate the best allocation strategy, well-known strategies are tested in an empiric experiment that uses a set of Brazilian public bonds. After the tests, the results are analyzed considering risk inside the regional risk-free ambient in public bonds. Those strategies that possess a risk-adjusted performance that surpasses the chosen benchmark are indicated as an alternative to investors that are averse to default risk, many of whom, at the present stage, find themselves using savings accounts that yield very poor risk-adjusted returns in comparison with those explored in this study.

Keywords: Public Bonds. Performance measures. Allocations strategies. Investments Portfolio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. PROBLEMA E TEMA.....	7
1.2. OBJETIVO	7
1.2.1. Objetivo Geral	8
1.2.2. Objetivos Específicos	8
1.3. JUSTIFICATIVA.....	8
1.4. METODOLOGIA	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. CONCEITOS DO MERCADO DE RENDA FIXA	10
2.2. O APREÇAMENTO DE TÍTULOS	12
2.2.1. A Estrutura a Termo da Taxa de Juros	18
2.2.2. Marcação a mercado e marcação na curva	22
2.2.3. Os riscos do ativo livre de risco	22
2.2.4. Tipos de Títulos Federais	24
2.2.5. O Caso Específico do Apreçamento dos Títulos Públicos Prefixados	25
2.2.6. O Caso Específico do Apreçamento dos Títulos Públicos Pós-Fixados	26
2.2.7. A dívida pública federal	27
2.3. INTRODUÇÃO À GESTÃO DE CARTEIRAS DE TÍTULOS	30
2.4. AS ESTRATÉGIAS DE GESTÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	30
2.4.1. Bullet strategies	31
2.4.2. Barbell strategies	32
2.4.3. Ladder strategies	32
2.4.4. Convexidade e sua importância na construção de uma carteira de títulos	33
3. ANÁLISE EMPÍRICA	36
3.1. DADOS E FERRAMENTAL.....	36
3.2. DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO	36
3.3. RESULTADOS OBTIDOS	37
4. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXOS	47

1. INTRODUÇÃO

Uma simplificação comum nas finanças é a que toma títulos de dívida emitidos pelo Governo como ativos livres de risco. Damodaran (2012) explica que o principal motivo para essa constatação é que governos controlam a impressão de moeda, o que em um caso extremo ofereceria uma alternativa ao calote. Portanto, no âmbito desse trabalho de monografia, assumir-se-á que os Títulos Públicos emitidos pelo Tesouro Nacional são o investimento nacional mais seguro à disposição dos investidores brasileiros e que o risco para o qual estão imunes é o risco de *default*, ou seja, de calote.

No Brasil, a referência para a taxa pela qual esses títulos remuneram o investidor é a taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), pela qual as taxas de juros cobradas pelos bancos brasileiros se balizam. Essa é uma ferramenta da política monetária utilizada pelo Banco Central do Brasil (BCB) para atingir a meta das taxas de juros estabelecida pelo Comitê de Política Monetária (Copom). Com isso, é possível interpretar que o rendimento máximo que um poupador que opta por títulos públicos é limitado pela SELIC, o que não é verdade.

O Tesouro Nacional emite diversos tipos de títulos que podem, de forma simplificada, ser divididos em pós-fixados e prefixados sendo que apenas alguns dos pós-fixados tem, de fato, seu rendimento limitado à taxa SELIC. Os demais podem render de acordo com uma taxa pré-estabelecida no momento da compra ou para um juro real fixo estipulado por uma taxa acrescida da variação da inflação, para o caso dos prefixados. O juro que um título pagará, com exceção dos pós-fixados que pagarão a taxa SELIC, é uma informação exógena, ou seja, não é o emissor quem decide. São os agentes no mercado que dizem o quanto cobrarão para emprestar dinheiro.

O BCB só decide os juros de curto prazo, a taxa SELIC. Os juros para um vencimento no futuro são decididos pelo mercado, baseado na expectativa sobre a trajetória da taxa SELIC. Nesse sentido, toda vez que um investidor se posicionar de maneira favorável a uma mudança na expectativa da trajetória da taxa SELIC, poderá capturar essa variação da taxa de mercado para realizar seus lucros vendendo seus títulos antes do vencimento ou mantendo-os e alcançando rendimentos superiores ao novo nível de juro até o vencimento. Essa lógica abre espaço para a perseguição de rendimentos elevados dentro do ambiente do ativo livre de risco de *default*.

Contudo, a aplicação mais comum em abril de 2017, segundo dados do BCB (2017), é a poupança, que conta com um saldo de R\$661,91 bilhões enquanto os títulos públicos

detidos por investidores individuais no Tesouro Direto somavam R\$ 44,59 bilhões. O Tesouro Direto é o programa implementado pelo Tesouro Nacional, em parceria com a BM&FBovespa com o objetivo de popularizar o acesso ao investimento em títulos públicos, possibilitando sua compra por pessoas físicas pela internet.

Apesar de apresentar a vantagem da não incidência de Imposto de Renda (IR) para pessoas físicas, a poupança está sob o risco do banco enquanto os títulos do Tesouro Nacional são garantidos pelo Governo. Os bancos têm seus depósitos, de até R\$250 mil por CPF por banco, garantidos pelo Fundo Garantidor de Crédito (FGC). Os depósitos elegíveis à garantia totalizavam R\$ 1,9 trilhão em dezembro de 2016 (BCB). Com a limitação da garantia em até R\$ 250 mil, a cobertura do FGC alcançou R\$ 1 trilhão no mesmo período, o que representa 54,88% do total dos depósitos e 99,67% dos depositantes e investidores. A simples constatação de que ambos os indicadores não indicam 100% de cobertura é suficiente para a indicação de um risco de *default* superior ao do Governo que, como comentado, tem o recurso da emissão de mais dívida ou ainda a impressão de moeda.

Mesmo sob essas condições distintas de risco, os depósitos em poupança a partir de 04/05/2011 apresentaram rendimento acumulado de 8,06% entre maio de 2016 e abril de 2017 frente ao rendimento líquido de IR de 11,45% no mesmo período para a SELIC efetiva.

1.1. PROBLEMA E TEMA

Ao se considerar as informações apresentadas na seção anterior, não há motivo para que um investidor avesso ao risco opte pela poupança para aplicações com um horizonte de médio e longo prazo e o desperdício de rendimento dos que optam por tal atitude pode ser evitado.

Nesse sentido, estudar diferentes estratégias de gestão para uma carteira composta apenas por títulos públicos emitidos pelo Governo brasileiro, buscando rendimentos claramente superiores à poupança e à SELIC, com o potencial de desmistificar fatos acerca de investimentos em ambientes livre de risco e beneficiar o aplicador é o que esse trabalho almeja.

1.2. OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho podem ser divididos em gerais e específicos.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar os rendimentos alcançados por diferentes estratégias de gestão de carteiras compostas exclusivamente por títulos públicos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Executar simulações para mensurar a performance de carteiras de títulos públicos geridas com base nas estratégias *barbell*, *bullet* e *ladder*.
- Comparar o desempenho das estratégias analisadas com o desempenho de um título pós-fixado cujo rendimento estivesse indexado à taxa SELIC e a poupança.
- Sugerir a estratégia mais adequada, segundo os resultados do estudo conduzido por esse trabalho, para gestão de carteiras compostas exclusivamente de títulos públicos.

1.3. JUSTIFICATIVA

A ideia de uma carteira composta apenas pelos ativos livres de risco de *default*, que ofereça retornos superiores ao que o senso comum sugeriria, pode mostrar um novo horizonte para o posicionamento dos investimentos de baixo risco na fronteira de risco/retorno de ativos nacionais.

Nesse sentido, o estudo de estratégias que permitam ao investidor melhores horizontes de retorno dentro de um mesmo ambiente de risco sistêmico se torna interessante dada a possibilidade do impacto da adoção dessas estratégias, caso se demonstrem eficazes, por investidores que antes desconheciam a possibilidade de tal oportunidade e aplicavam seus recursos em opções menos vantajosas como as já citadas na introdução.

1.4. METODOLOGIA

No tocante à sua natureza, o presente trabalho contemplará uma pesquisa básica e aplicada. Realizar-se-á uma pesquisa aplicada, qualitativa e explicativa em um estudo de caso que utilizará diferentes técnicas, ou estratégias, de gestão ativa de títulos de renda fixa com a intenção de descobrir qual apresentará o melhor desempenho. A pesquisa básica ocorrerá no âmbito exploratório bibliográfico para a consulta às técnicas de gestão e ainda no âmbito da pesquisa básica quantitativa, pois as opiniões resultantes da pesquisa estarão representadas em

números, retorno ajustado ao risco de marcação ao mercado, no momento de sua classificação (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa inicia contemplando uma pesquisa bibliográfica acerca dos conceitos principais assim como técnicas das diferentes estratégias de gestão de títulos. Contemplar-se-á também, os aspectos relacionados a adaptação dessas estratégias ao caso de uma carteira composta exclusivamente por títulos públicos do Governo Brasileiro. Em seguida, serão apresentados os conceitos estatísticos pelos quais será possível realizar uma avaliação empírica das diferentes estratégias.

No segundo capítulo será apresentado o referencial teórico, contemplando conceitos sobre gestão de carteiras de títulos e fundamentando as estratégias escolhidas ao apresentar suas características matemáticas e intuições econômicas que as qualificam para estarem presente nos testes de desempenho. Também serão apresentados os métodos estatísticos designados para avaliação empírica das diferentes estratégias com o objetivo de elenca-las em ordem de performance (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A segunda parte do trabalho inicia no capítulo 3, onde serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação das diferentes estratégias a uma base de dados que represente o caso histórico dos títulos públicos brasileiros. O quarto e último capítulo está reservado para conclusões relacionadas aos resultados empíricos apresentados no capítulo 3 acerca das performances das diferentes opções de estratégias para a gestão de uma carteira de títulos públicos, buscando relacionar esses resultados de forma conceitual às suas teorias. O trabalho finaliza com uma recomendação para os aplicadores de médio e longo prazo com alta aversão ao risco do mercado de capitais brasileiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico serão expostas as questões relacionadas a gestão de carteiras de títulos públicos utilizadas para fundamentar a aplicação prática realizada na seção 3.

Nesse sentido, serão discutidas diversas questões e conceitos relacionados ao mercado de renda fixa de forma ampla e aos títulos públicos emitidos pelo Governo Brasileiro de forma específica.

Em seguida, serão abordados conceitos sobre gestão de carteiras de títulos adaptados aos objetivos do trabalho e visando aumentar a compreensão dos resultados obtidos a serem expostos na seção 3.

O intuito é que todas as estratégias apresentadas possam ser replicadas por investidores em seu dia-a-dia e, sendo assim, é vital para esse objetivo que as explicações sejam tão ricas quanto de fácil entendimento.

2.1. CONCEITOS DO MERCADO DE RENDA FIXA

Buscando uma representação simples, define-se um título como um ativo financeiro que representa uma obrigação financeira de uma entidade de pagar uma quantia específica em data futura. A entidade que assume a obrigação é identificada como emissora ou tomadora (emissor ou tomador), no caso do presente trabalho o Governo Federal, já o investidor que adquire esse título é chamado de credor ou prestador (FABOZZI, 2002).

Com foco no universo da renda fixa, tomar-se-á emprestado de Securato (2015) a definição de capital como um fator de produção ou a expressão monetária de um bem.

Juro, por outro lado, é a remuneração pelo uso do capital medida através da subtração do capital no início de um intervalo daquele ao fim desse intervalo, podendo a taxa de juro ser demonstrada como uma fração do capital empregado de início em uma unidade de tempo. Nesse sentido, a taxa de juro pode ser interpretada, em um intervalo temporal determinado, como a remuneração do capital inicial investido (SECURATO, 2015).

Dessa forma, o pagamento total ao fim de uma obrigação, representada por um título, que o emissor fará ao credor é composto por duas partes: o pagamento do juro e a devolução do capital inicial tomado.

O vencimento ou maturidade de um título é o período de tempo, usualmente medido em anos, no qual o emissor se comprometeu a atender as obrigações acordadas na emissão. O vencimento, quando expresso através de uma data, demonstra o dia em que a obrigação deixará de existir, no qual o tomador terá extinguido a dívida através do pagamento do capital

inicial tomado e do juro acordado. Na avaliação de um título, as principais utilizações do vencimento são, segundo Fabozzi (2002):

- Indicar efetivamente a data após a qual o credor já terá recebido o juro e o capital inicial investido;
- O rendimento do título depende de seu vencimento, como será explicado à frente;
- O preço do título será mais ou menos volátil a depender de seu vencimento, ou seja, *ceteris paribus*, quanto maior for a maturidade do título, maior será a volatilidade encontrada em seus preços a depender da variação na taxa de juros de mercado, como será explicado em mais detalhes à frente;

No caso dos títulos, é necessária a substituição do conceito de capital inicial investido pelo de principal, valor de face ou valor nominal. O valor de face não é o preço pago pelo título, ou seja, ele não se iguala ao capital inicial investido. O valor de face de um título é o montante que o emissor se compromete a pagar ao tomador na data do vencimento. Dependendo do momento da emissão ou da venda do título, este pode ser negociado a um preço superior ou inferior ao seu valor de face. Em outras palavras, a compra de um título pode requerer um capital inicial investido superior ou inferior ao seu principal.

Um título poderá ser adquirido por um investidor nos mercados primário ou secundário. No mercado primário, o credor comprará o título diretamente do emissor. Já no mercado secundário, o investidor comprará o título de um credor e passará a assumir a posição de credor em seu lugar. Também é possível que, como no caso do Governo Federal, o emissor vá ao mercado secundário e recompre os títulos emitidos ao preço de mercado, que será explicado adiante.

O pagamento total ao fim de uma da obrigação do emissor junto ao credor é composto pelos juros e a devolução do capital inicial tomado, sendo que este pagamento pode ser estruturado, de forma ampla, de duas maneiras: incluindo ou não o pagamento de cupom.

A taxa de cupom, o cupom ou taxa nominal de um título é a taxa de juros que o emissor aceita pagar e incide sobre o valor nominal dos títulos. Pode-se agora concluir que a taxa juros implícita na obrigação do emissor de um título não incide, necessariamente, sobre o preço do título (capital inicial investido em sua aquisição) e sim sobre seu valor de face, que pode diferir, especialmente quando um título não paga cupom e/ou é adquirido em um

momento posterior ao da sua emissão, ou seja, no mercado secundário. O valor do cupom é determinado através da multiplicação da taxa de juros pelo principal (FABOZZI, 2002).

No entanto, nem todos os títulos são emitidos obrigando o emissor a realizar pagamentos periódicos de cupom. Títulos que não carregam essa obrigatoriedade são intitulados zero cupom e o credor realiza os juros comprando esse título com um capital inicial diferente do valor de face do título. Nesse caso, os juros só são pagos no vencimento, sendo eles a diferença entre o capital inicial investido, ou seja, o preço pago no título, e o seu valor de face.

Existe ainda um tipo de título que paga cupom, mas não os distribui. Os títulos de cupom acumulado reinvestem o que seria pago como cupom nas mesmas obrigações ao tomador acordadas na emissão do cupom, ou seja, esses cupons acumulados são incorporados ao principal e a taxa de juros passa a incidir sobre eles também (FABOZZI, 2002).

No presente trabalho o tratamento dado na consideração dos títulos será o de um regime da capitalização discreta, onde os juros gerados são incorporados ao fim de cada intervalo a que se refere a taxa considerada. A capitalização também será considerada de forma composta, onde os juros, formados ao fim de cada intervalo de tempo, são gerados pelo montante existente no início de cada intervalo. Dessa forma, os juros são gerados sempre considerando o capital acumulado até o intervalo anterior e não o capital no início do investimento (SECURATO, 2015).

Fluxo de caixa, conforme Securato (2015), é o conjunto de entradas e saídas de capital ao longo do tempo. Esse conceito é útil na sistematização de eventos com reflexo financeiro e podemos esquematizá-lo da seguinte forma:

Figura 1- Fluxo de caixa.



Fonte: Securato (2015), elaborada pelo autor (2017).

2.2. O APREÇAMENTO DE TÍTULOS

Apreçamento ou precificação são processos de determinação do valor justo de um ativo financeiro. O fundamento principal de apreçamento é o de que o valor de qualquer ativo

financeiro é o valor presente de sua expectativa de fluxo de caixa. No caso dos títulos, é indiferente se o fluxo de caixa virá do pagamento de cupons ou do valor de face.

A determinação do valor presente de um fluxo é o exercício de transferir para a data inicial, todas as entradas do fluxo de caixa associado ao título, descontando o efeito do tempo sobre o valor do capital através de um cálculo que vise aplicar esse desconto.

Dessa forma, surgem três passos primordiais, como destacado por Fabozzi (2002), no processo de apuração de qualquer título:

1. Estimar a expectativa de fluxo de caixa;
2. Determinar a taxa de juros apropriada que deve ser utilizada para descontar os fluxos de caixa;
3. Calcular o valor presente dos fluxos de caixa esperados de acordo com o passo 1 utilizando a taxa determinada no passo 2;

Estimada a expectativa de fluxos de caixa e dada a apropriada taxa de juros a ser utilizada no desconto dos fluxos, inicia-se o processo de desconto dos fluxos de caixa. O valor de um único fluxo de caixa futuro é igual ao valor que precisaria ser investido no presente para gerar o mesmo valor do fluxo na mesma data, também chamado de valor presente ou valor descontado. Logo, pode-se perceber que o valor presente dos fluxos de caixa futuros de um título, ou o preço desse título, dependerá de conceitos abordados na seção anterior, como:

- Vencimento, para determinação no tempo dos fluxos;
- Cupons, que serão considerados fluxos intermediários;
- Valor de face; que será o fluxo final e sobre o qual serão calculados os cupons, quando esses existirem;
- Taxa de juros, que será utilizada para calcular o valor dos cupons multiplicando-os sobre o valor de face, mas, ao contrário do que possa parecer intuitivo, não será, necessariamente, a taxa utilizada para descontar os fluxos, exceto quando precificados no momento de sua emissão.

O valor presente de um fluxo a ser recebido em n períodos de tempo, caso sua taxa de desconto i possa ser encontrada em outras opções de investimento é:

$$\text{Valor presente} = \frac{\text{Expectativa de fluxo de caixa}}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Para uma representação mais próxima da realidade, considerando um título com vencimento no período n , com um fluxo de caixa F em todos os períodos e descontado a uma taxa i , pode-se imaginar seus fluxos dispostos da seguinte maneira:

Figura 2 - Fluxos de caixa no tempo.



Fonte: Securato (2015), elaborada pelo autor (2017).

Com os fluxos de caixa dispostos na Figura 2, o Preço Unitário (PU) do título em questão pode ser demonstrado pela expressão:

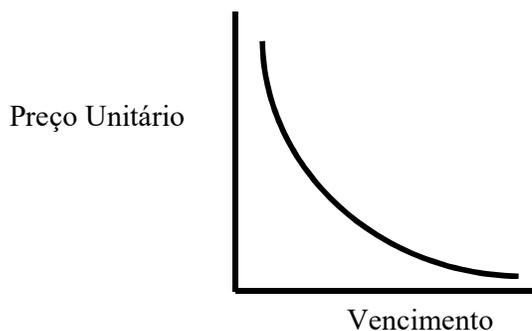
$$PU = \frac{F_1}{(1+i)} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \frac{F_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Ou:

$$PU = \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (3)$$

A expressão algébrica (3) permite a interpretação que, quanto mais longo for o período j para o qual o fluxo deva ser descontado, ou seja, quanto maior for o vencimento do título, maior será o fator potencializando o denominador na divisão e, conseqüentemente, menor será o valor presente do título no caso dos títulos zero cupom. Nesse sentido, podemos observar uma propriedade do apereçamento de títulos indicando que, para uma mesma taxa de desconto e estrutura de fluxos, quanto maior for o vencimento do título, menor será o seu valor presente, ou seu PU. O inverso ao descrito também se aplica. A Figura 3 representa graficamente essa propriedade.

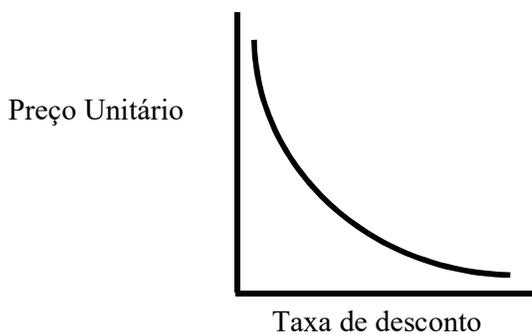
Figura 3 - PU em função do vencimento para títulos com uma mesma taxa de desconto e estrutura de fluxos.



Fonte: Elaboração própria

Outra propriedade do apuração de títulos se origina da constatação que, quanto maior for a taxa de desconto i pela qual os fluxos de caixa serão descontados, maior também será o denominador da divisão e, para um mesmo vencimento e estrutura de fluxos, menor será o PU do título. Assim como na propriedade anterior, o inverso também se aplica, conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4 - PU em função da taxa de desconto para títulos com um mesmo vencimento e estrutura de fluxos.



Fonte: Elaboração própria

Como demonstrado na seção 2.1., a taxa de juros denota o retorno sobre o valor de face do título e, como esse pode diferir do capital desembolsado para sua compra (PU no momento da compra), existe uma medida específica para mensurar o retorno potencial de se investir em um título, denominada *yield*. O *Yield to Maturity* (YTM) de um título é a taxa de desconto que, quando aplicada à fórmula de apuração, iguala o fluxo de caixa até o vencimento ao PU. Nesse sentido, os títulos que forem comprados e mantidos na carteira do investidor até seu vencimento terão um retorno sobre o capital investido, ou seja, uma taxa de remuneração sobre o PU no momento da compra, igual ao YTM.

Contudo, um investidor poderá auferir um retorno sobre o capital investido superior ao YTM, em valores proporcionais, caso venda seu título em algum momento no qual o PU do

título, por condições de mercado, esteja sendo calculado com uma taxa de desconto inferior ao seu YTM. Nesses casos o *yield* alcançado pelo investidor será superior ao YTM realizado até a data. O contrário também pode acontecer, ou seja, por fruto de sua necessidade, o investidor poderá se desfazer do título em um momento em que o mesmo esteja sendo precificado pelo mercado com uma taxa de desconto superior ao seu YTM.

Outro conceito importante na consideração de títulos de renda fixa é o de *duration*. Esse termo pode ser entendido como a duração de um título e auxilia no estudo da relação dos fluxos de caixa do título e seus riscos estruturais estimando uma aproximação da duração, medida em tempo, que estarão expostos aos mesmos. A *duration* visa obter um indicador do vencimento de um título caso seus fluxos de caixa estivessem concentrados em uma única data. Assim, pode-se interpretar a *duration* como sendo o vencimento D em que estaria concentrada a soma dos fluxos de caixa que ocorrem em datas distintas, considerando que esses sejam descontados ao seu valor presente em D (SECURATO, 2015).

A definição é uma adaptação do conceito de centro de massa da física e, originalmente, era estimada como o prazo médio de um título; contudo, essa estimativa não considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, não descontava os fluxos para D . O conceito como conhecido atualmente foi sugerido por Macaulay (1938), que enfatizou a importância de se considerar o valor do dinheiro no tempo na conta de prazo médio que já era difundida. A *duration* de um título, em seu cálculo moderno como depois generalizado por Fisher e Weil (1971), corrige cada fluxo F_j , pela taxa de desconto i_j até a data presente, possibilitando o cálculo da *duration* conforme a expressão (SECURATO, 2015):

$$D = \frac{\frac{F_1}{(1+i_1)^{d_1}} \times d_1 + \frac{F_2}{(1+i_2)^{d_2}} \times d_2 + \dots + \frac{F_n}{(1+i_n)^{d_n}} \times d_n}{\frac{F_1}{(1+i_1)^{d_1}} + \frac{F_2}{(1+i_2)^{d_2}} + \dots + \frac{F_n}{(1+i_n)^{d_n}}} \quad (4)$$

Dado que o denominador da expressão da *duration* é o PU do título, é possível reescrever (4) acrescentando essa simplificação:

$$D = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \times d_j}{PU} \quad (5)$$

Em que D é a *duration* medida em um intervalo de tempo, F é o fluxo de caixa no instante j , d é o intervalo de tempo até o instante j e i a taxa de desconto que iguala os fluxos

do título ao seu PU. A *duration* é comumente expressa em anos e representa o prazo médio ponderado à devida taxa de desconto no tempo e tamanho dos fluxos de caixa de um título.

Outra interpretação da *duration*, que, segundo Fabozzi (2002), pode ser ainda mais poderosa para formulação de uma carteira de títulos, é a de que ela mede a sensibilidade dos títulos às taxas i pelas quais seus fluxos são descontados para formação do PU. De forma geral, para cada movimentação de 1 ponto percentual em i o PU sofrerá uma alteração, no sentido contrário, de 1% multiplicado pela *duration* do título medida em anos. Por exemplo, se um título tem uma *duration* de 5 anos e a taxa de desconto i pela qual seus fluxos são descontados sobe 1 ponto percentual, uma vez que isso não altere os fluxos de caixa, o PU do título cairá 5%. O inverso também se aplica, ou seja, uma diminuição de 1 ponto percentual na taxa de desconto i pela qual os fluxos de caixa de um determinado título são descontados, uma vez que esses fluxos não sejam alterados, provoca uma valorização nos títulos da ordem de 5% (FABOZZI, 2002)..

Contudo, é importante destacar o comportamento dinâmico dessa sensibilidade. A partir de (5), uma variação no PU ou no vencimento também altera a *duration*, ou seja, conforme demonstrado nas Figuras 3 e 4, sua sensibilidade se apresenta de forma convexa, com uma segunda derivada negativa. Diferentes títulos, dadas suas características apresentadas na seção anterior, terão diferentes convexidades. A maior convexidade de um título, por exemplo, mantidas as outras características inalteradas, se traduz numa maior apreciação de seu PU se a taxa de desconto diminui do que depreciação do mesmo caso a taxa de desconto aumente.

Algumas regras gerais sobre as *durations* dos títulos são:

- A *duration* de qualquer título que paga cupom é menor do que o seu vencimento, uma vez que alguma quantia proveniente desse cupom será recebida antes do vencimento.
- Quanto menor for a taxa de juros utilizada para determinar o cupom de um título maior será a sua *duration*, pois, proporcionalmente, menor parcela do valor de face é recebida antes do vencimento. O inverso também é aplicável.
- Como os títulos zero cupom e os títulos de cupom acumulado não pagam cupons, a *duration* de ambos é igual ao seu vencimento.
- Quanto maior o vencimento de um título, maior a sua *duration*, pois demora mais tempo para se receber todos os fluxos de caixa. O inverso também é aplicável.

2.2.1.A Estrutura a Termo da Taxa de Juros

Dados os conceitos sobre títulos e seu apreçamento já abordados, é preciso endereçar a questão da taxa de desconto utilizada para descontar os fluxos. No momento da precificação essa taxa é o YTM do título, ou a taxa de juros do título. A origem de sua determinação, no entanto, vem da chamada Estrutura a Termo da Taxa de Juros (ETJT). Segundo Mishkin (2015), a ETTJ é formada através de títulos de maturidades diferentes e com todos os outros aspectos idênticos. Nesse trabalho, assim como na prática geral de mercado, os títulos utilizados para compor a ETTJ serão os títulos do Governo Federal. Nesse sentido, será possível recorrer diretamente à ETTJ para determinação da taxa de juros adequada na realização da precificação dos títulos pois as carteiras estudadas serão compostas apenas por esse tipo de título, que estão livres de outros aspectos de risco que poderiam exigir uma taxa de desconto diferenciada como:

- Liquidez, quando a demanda ou oferta de um título influenciam seu preço;
- Risco de crédito, quando a credibilidade do emissor afeta a certeza com a qual os fluxos do título podem ser estimados e exige uma taxa de desconto maior, que tenta incorporar ao PU do título a probabilidade de *default*;

Segundo Mishkin (2015), a teoria que melhor explica o comportamento da ETTJ é a chamada teoria da preferência pela liquidez, pois é a única que responde as três perguntas fundamentais acerca da ETTJ dando os motivos para:

1. Taxas de juros de títulos com diferentes vencimentos se moverem juntas ao longo do tempo.
2. Inclinação positiva da ETTJ para momentos em que a taxa de juros está baixa e inclinação negativa da ETTJ para momentos em que a taxa de juros está alta.
3. Inclinação positiva da ETTJ na maioria dos momentos.

As outras teorias que buscam explicar o comportamento da ETTJ são as teorias das expectativas e dos mercados segmentados, sendo a primeira considerada oposta a segunda, enquanto que a teoria da preferência pela liquidez carrega elementos em comum com ambas.

A teoria da preferência pela liquidez defende que as taxas de juros dos títulos com vencimento maior são compostas pela taxa de juros dos títulos com vencimento menor acrescidas de um prêmio pela renúncia à liquidez. Ou seja, os investidores esperam e exigem

uma rentabilidade maior à medida que o tempo que o título exigirá que seu capital investido permaneça ilíquido cresce. Nesse sentido, a teoria da preferência pela liquidez admite que os títulos de vencimentos diferentes sejam substitutos, ainda que sua substituição não seja indiferente aos investidores, que investirão em títulos com vencimento maior caso estes apresentem um YTM maior (MISHKIN, 2004 apud PUGLIESI, 2015).

The liquidity premium theory's key assumption is that bonds of different maturities are substitutes, which means that the expected return on one bond does influence the expected return on a bond of a different maturity, but it allows investors to prefer one bond maturity over another. In other words, bonds of different maturities are assumed to be substitutes but not perfect substitutes. Investors tend to prefer shorter-term bonds because these bonds bear less interest-rate risk. For these reasons, investors must be offered a positive liquidity premium to induce them to hold longer-term bonds¹ (MISHKIN, 2015, p.137).

Tratando do ponto 1, a teoria da preferência pela liquidez explica que as taxas de juros de diferentes vencimentos se movem juntas ao longo do tempo pois, como os títulos são substitutos entre si, uma mudança acomete um deles também acomete o outro pois este é sensível aos mesmos impactos. Contudo, como explicado por Mishkin (2015), os títulos de diferentes vencimentos não são substitutos perfeitos e o prêmio pela liquidez pode variar, implicando em um ritmo diferente de movimentação entre as taxas de juros de vencimentos longos e curtos, o que resulta em uma alteração do formato da curva.

Quanto ao ponto 2, Mishkin (2015) explica que, quando a taxa de juros se encontra em níveis reduzidos, a inclinação da curva é, em geral, positiva; quando a taxa de juros se encontra em níveis elevados a inclinação é negativa. O prêmio pela liquidez traz detalhes à essa lógica quando, por exemplo formulado por Mishkin (2004 apud PUGLIESI, 2015), a ETTJ está horizontal, nesse caso a teoria da preferência pela liquidez defende que a taxa de curto prazo futura será menor no futuro, já que uma parcela da taxa que nos títulos longos diz respeito ao prêmio de liquidez.

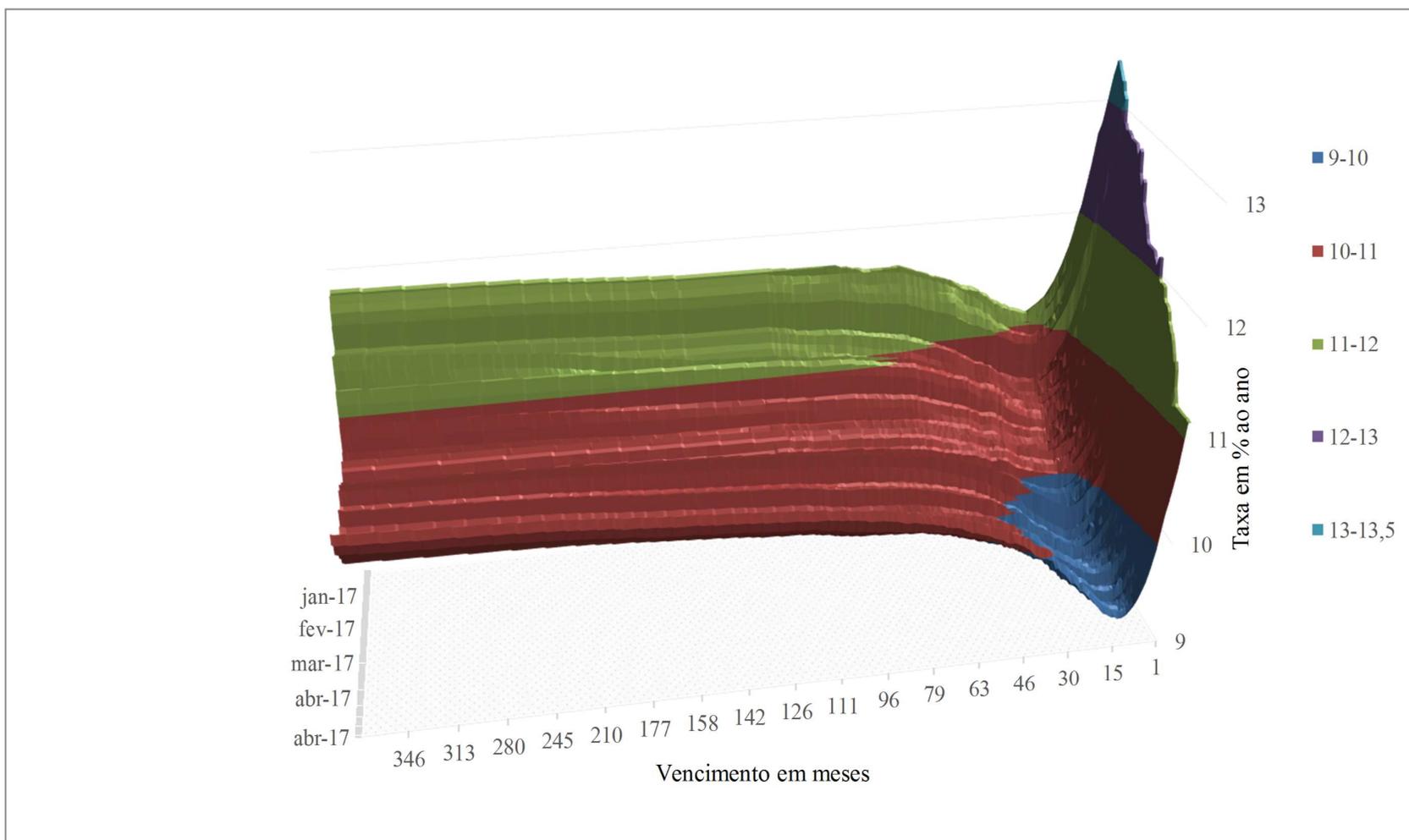
A teoria da preferência pela liquidez também explica o ponto 3 já que, segundo Mishkin (2015), o prêmio pela liquidez per se justifica a inclinação positiva da ETTJ na maioria dos momentos, ou seja, os títulos de vencimento mais longo tendo YTM maiores que os títulos curtos. Essa característica se justifica pois o prêmio pela liquidez exigido pelo

¹ A principal premissa da teoria da preferência pela liquidez é que títulos de diferentes vencimentos são substitutos, o que significa que o retorno esperado de um título influencia o retorno esperado de um outro título com vencimento diferente, mas permite ao investidor preferir um título em detrimento do outro. E outras palavras, títulos de diferentes vencimentos são assumidos como substitutos, mas não substitutos perfeitos. Investidores tendem a preferir títulos de vencimento menor pois estes títulos carregam menos risco de alteração na estrutura da taxa de juros. Por essas razões, investidores devem receber um prêmio pela liquidez da qual estarão abrindo mão quando optam por títulos com vencimentos maiores (tradução nossa).

investidor aumenta à medida que o vencimento do título também aumenta (MISHKIN, 2004 apud PUGLIESI, 2015).

A Figura 5, abaixo, ilustra o caso da ETTJ de 28/12/2016 a 28/04/2017. Nesse período o COPOM baixou a meta da taxa SELIC três vezes até 11,25% ao ano na reunião do dia 13/04/2017. No gráfico é possível perceber que a taxa de juros de um mês caindo no período, no entanto, as taxas de 14 meses (de 21 dias úteis cada) estão em níveis inferiores as de vencimento mais curto. A teoria da preferência pela liquidez nos mostra que esse desenho da ETTJ significa que o prêmio pela liquidez exigido pelos próximos 14 meses é inferior ao exigido dali em diante e que há expectativa de que as taxas de curto prazo futuras sejam inferiores as praticadas nos períodos demonstrados no gráfico. Dos títulos com vencimento a partir de 13 , volta a imperar o ponto 3 e a ETTJ é inclinada positivamente, demonstrando um prêmio pela liquidez exigido pelos investidores superior ao exigido nos títulos de vencimento entre 0 e 14 meses.

Figura 5 - Estrutura a Termo da Taxa de Juros para várias datas entre dez/16 a abr/17



Fonte: BVMF Bovespa, elaborado pelo autor (2017).

2.2.2. Marcação a mercado e marcação na curva

No momento da compra de um título, é possível observar na ETTJ, dado seu vencimento, qual será seu YTM e, com isso, traçar uma curva que indica o PU do título em todos os momentos, de sua compra ao seu vencimento, utilizando como taxa de desconto o seu YTM e como vencimento o prazo remanescente no instante em questão. Esse exercício é intitulado marcação na curva.

No entanto, quando se busca negociar um título no mercado secundário, as condições gerais de mercado, como expressas pelo formato da ETTJ, podem, e comumente estarão alteradas em relação ao momento da compra, resultando em uma taxa de desconto superior ou inferior àquela com a qual o título foi precificado inicialmente, mas, dificilmente igual, o exercício de precificar o título com essa nova taxa de desconto em função das alterações no formato da ETTJ é intitulado marcação a mercado.

É importante ressaltar que, entre a data de compra e de vencimento, o preço do título flutua em função das condições do mercado e das expectativas quanto ao comportamento das taxas de juros futuras. Ele é atualizado de acordo com o valor que é negociado no mercado secundário no momento, procedimento conhecido como marcação a mercado. Porém, caso o investidor mantenha o título até a data do vencimento, receberá a rentabilidade acordada no momento da compra, independente das condições de mercado. Caso o investidor venda o título antes do vencimento, o Tesouro Nacional recompra o título com base em seu valor de mercado (SECURATO, 2015, p.338).

A relação explicada e um ambiente com meta e taxa efetiva de juros com comportamento dinâmico proporcionam uma oscilação constante nos PUs dos títulos e, portanto, uma variação do valor total de uma determinada carteira de títulos que é marcada a mercado. A marcação a mercado é a metodologia mais utilizada para acompanhar o desempenho de uma carteira de títulos, pois demonstra a condição real e instantânea na qual o investidor pode se desfazer dos títulos que possui enquanto incorpora ao rendimento auferido essa possibilidade.

2.2.3. Os riscos do ativo livre de risco

Como previamente discutido na seção 1, o presente trabalho objetiva estudar a gestão de carteiras preenchidas exclusivamente por títulos públicos que podem ser interpretados como livres do risco de *default*. Ainda assim, a marcação do PU dos títulos públicos a mercado, que representa seu PU de liquidez instantânea, causa mudanças nos preços (ou

volatilidades), caso a ETTJ se altere em relação àquela do momento da compra do título, o que é bastante comum.

Nesse sentido, as alavancas do mecanismo de precificação dos títulos passam a requerer atenção, uma vez que podem demonstrar possibilidades de variação no retorno do investimento quando este não for levado até o vencimento. Sendo assim, o risco utilizado para ajustar o retorno dos portfólios testados é a volatilidade do PU dos títulos que compõe os portfólios estudados (ANBIMA, 2009).

A melhor forma de capturarmos esses efeitos de risco de mercado consiste em determinar o valor presente dos fluxos de caixa de nosso título a taxas de mercado. Podemos estudar, também, a perda ou o ganho por variações na estrutura temporal de juros de mercado. (SECURATO, 2015, p.294)

É possível separar o risco da marcação a mercado em dois: o risco absoluto, medido através da perda potencial em moeda corrente, e o risco relativo, que relaciona o retorno a um índice de referência (*benchmark*). O risco absoluto dá ênfase a volatilidade dos retornos totais, já o risco relativo mensura o risco em focando no desvio em relação ao benchmark (JORION, 1998 apud BERNZ, 2011).

Como o foco do presente trabalho é estrito às carteiras compostas exclusivamente por títulos públicos do Governo Federal brasileiro e, uma vez que todas terão à sua disposição os mesmos títulos, a decisão de investimento será reduzida à opção de títulos disponíveis, ficando a opção de manter recurso em caixa indisponível.

As medidas de risco utilizadas serão relativas à soma dos PUs de cada carteira (patrimônio), expressas através do Índice de Sharpe, conforme expressão (6).

$$\text{Índice de Sharpe} = \frac{\text{Retorno total}}{\text{Volatilidade no período}} \quad (6)$$

Em que a volatilidade é medida conforme a expressão (7).

$$\text{Volatilidade no período} = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \times \sqrt{N} \quad (7)$$

Em que N é o número de dias úteis transcorridos durante a mensuração do desempenho das estratégias, x_i é a média dos retornos diários e μ é o retorno diário observado.

Em função do descasamento do fluxo de receitas e despesas ou no caso de gastar mais do que arrecada, o governo opta por tomar dinheiro emprestado da sociedade. Para isso,

utiliza o mecanismo da venda de títulos públicos e, no vencimento ou mesmo antes dele, devolve o montante acrescido dos juros e correções combinados (BRASIL, 2017).

Pode-se afirmar que, ao comprar um título público, se está emprestando dinheiro ao governo em troca da promessa de uma remuneração futura sobre esse montante.

2.2.4. Tipos de Títulos Federais

De acordo com Securato (2015), os títulos emitidos pelo Tesouro Nacional podem ser classificados segundo dois critérios: Títulos pós-fixados ou prefixados e Títulos com cupom ou zero cupom.

O primeiro critério elenca os títulos de acordo com previsibilidade da rentabilidade no caso de serem mantidos até o vencimento. Os prefixados mantidos até o vencimento oferecem clareza quanto à sua rentabilidade no vencimento enquanto os pós-fixados tem um valor corrigido por um indexador, assim a rentabilidade desse tipo de título é construída por uma taxa acordada no momento da emissão mais a variação do indexador estabelecido (SECURATO, 2015).

O segundo critério considera os fluxos de pagamento de juros e principal. Os títulos zero cupom pagam o valor do principal assim como o do juros somente no vencimento. Já os títulos com cupom pagam semestralmente os juros acordados na emissão do título.

O Tesouro Direto é o programa de negociação de títulos públicos através da internet exclusivo para pessoas físicas, através desse programa o investidor individual pode acessar os títulos sendo emitidos pelo Tesouro Nacional que atualmente são:

- Letras do Tesouro Nacional (LTN)
- Letras Financeiras do Tesouro (LFT)
- Notas do Tesouro Nacional (NTN) nas séries B e F (BRASIL, 2017).

A partir do dia 03/02/2017, o Tesouro Nacional passou a ofertar no programa Tesouro Direto, os seguintes títulos:

Quadro 1 - Títulos disponíveis no Tesouro Direto.

Título	Rentabilidade	Indexador	Taxa de juros	Pagamento de juros
Tesouro Prefixado (LTN)	Prefixada	Não há	Contratada na emissão	Não há
Tesouro Prefixado com Juros Semestrais (NTN-F)	Prefixada	Não há	Contratada na emissão	Semestralmente
Tesouro IPCA (NTN-B Principal)	Pós-Fixada	Variação do índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)	Contratada na emissão	Não há
Tesouro IPCA (NTN-B)	Pós-Fixada	Variação do índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)	Contratada na emissão	Semestralmente
Tesouro Selic (LFT)	Pós-Fixada	Taxa Selic	Não há	Não há

Fonte: Tesouro Nacional, elaborado pelo autor (2017).

2.2.5. O Caso Específico do Apreçamento dos Títulos Públicos Prefixados

As LTNs e as NTN-F são, conforme indica o Quadro 1, os títulos prefixados disponíveis aos investidores através do Tesouro Direto. Estes títulos não possuem nenhum indexador que corrija o seu valor nominal. Nesse sentido, as taxas necessárias para precificação dos títulos são as expectativas para as taxas de juros no período em que os títulos estiverem gerando fluxo de caixa. Essas expectativas podem ser vislumbradas através da ETTJ, que será formada com base nos contratos futuros dos chamados Depósitos Interfinanceiros (DI), cujos registros competem à BM&FBOVESPA. Essas expectativas são utilizadas pois os contratos futuros de DI são utilizados como *proxy* da expectativa para a taxa Selic. As taxas de juros de todos os títulos públicos negociados são consideradas com base em um ano de 252 dias úteis e os juros expressos em função dessa modalidade de ano (SECURATO, 2015 p.349).

As Letras do Tesouro Nacional (LTN) são títulos zero cupom e, para apreçá-las, é preciso munir-se da estimativa adequada do fluxo de caixa esperado e a estimativa da taxa de retorno dado seu vencimento. O valor nominal de qualquer LTN é R\$ 1.000,00 pagos no momento do vencimento, sendo esse seu único fluxo de caixa. Dessa forma, a fórmula para o cálculo do PU da LTN pode ser dada por:

$$PU = \frac{1.000}{(1+i_{ps})} \quad (8)$$

Sendo 1.000 o valor nominal a ser pago no vencimento e i a taxa de desconto adequada em função do vencimento do título (SECURATO, 2015 p.350).

A precificação da LTN, por ser título com fluxo simples, carrega a representação mais intuitiva da Figura 4, apresentando a relação inversa entre a taxa de desconto e o PU do título.

A única distinção entre a LTN e as Notas do Tesouro Nacional Série F (NTN-F) vem do fluxo de pagamento de juros semestrais em forma de cupom por parte da NTN-F. A taxa que será paga através dos cupons nas NTN de todas as séries é definida no momento da emissão do título, permanecendo constante até o seu vencimento, independe de alteração no PU. O PU de uma NTN-F com valor nominal de R\$ 1.000,00, pode ser expresso, segundo Securato (2015), como:

$$PU = 1.000 \frac{[(1+i_{cupom})^{\frac{1}{2}} - 1]}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.1}{252}}} + 1.000 \frac{[(1+i_{cupom})^{\frac{1}{2}} - 1]}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.2}{252}}} + \dots + 100 \frac{[(1+i_{cupom})^{\frac{1}{2}} - 1]}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.n}{252}}} + 100 \frac{1}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.n}{252}}} \quad (9)$$

Onde $d.u.1$, $d.u.2$ e $d.u.n$ correspondem aos prazos em dias úteis até os pagamentos de cupom e, adicionalmente, $d.u.n$ também corresponde ao prazo em dias úteis até o vencimento do título. A taxa através da qual o cupom será calculado é representada por i_{cupom} e a taxa pela qual o título será descontado para a obtenção de seu PU é $i_{a.a.}$.

2.2.6. O Caso Específico do Apreçamento dos Títulos Públicos Pós-Fixados

Todo o título pó-fixado disponibilizado pelo Tesouro Nacional tem seu valor de face indexado a algum fator de remuneração, seja ele o Índice Nacional de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA) ou a taxa Selic. A maneira que o Tesouro Nacional escolheu para padronizar títulos emitidos em datas distintas quanto aos seus fluxos foi através da criação do Valor de

Face Atualizado ou Valor Nominal Atualizado (VNA). Com essa iniciativa, são estabelecidas datas-base nas quais são atualizados os valores nominais dos títulos pós-fixados, podendo o processo de apuração seguir de acordo com a remuneração real de cada título, ou seja, aquilo que não diz respeito a indexação. O PU dos títulos pós-fixados é determinado através de:

$$PU = VNA \times Cotação\% \quad (10)$$

Onde o VNA compreende a indexação do título desde a última data-base (inclusive) até sua liquidação financeira (exclusive) e a Cotação% é a expressão dos fluxos trazidos a valor presente em uma base 100% dada através de uma alteração na expressão (2) que a deixa da seguinte forma:

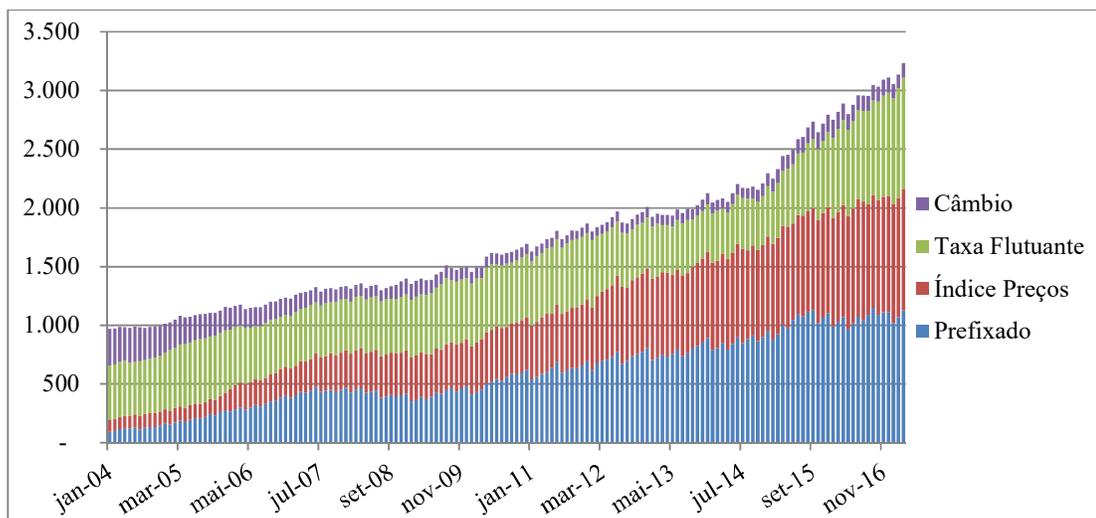
$$Cotação\% = 100 \frac{[(1+i_{cupom})^{\frac{1}{2}} - 1]}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.1}{252}}} + 100 \frac{[(1+i_{cupom})^{\frac{1}{2}} - 1]}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.2}{252}}} \dots + 100 \frac{[(1+i_{cupom})^{\frac{1}{2}} - 1]}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.n}{252}}} + 100 \frac{1}{(1+i_{a.a.})^{\frac{d.u.1}{252}}} \quad (11)$$

2.2.7. A dívida pública federal

Estudando os dados da dívida pública federal, emitidos pelo Tesouro Nacional em março de 2017, é possível visualizar a mutação nas principais características da dívida, como seu estoque, vencimento, custo médio e seus principais credores.

Na Figura 6, abaixo, nota-se a evolução do estoque da dívida pública federal de janeiro de 2004 a março de 2017 de acordo com seus indexadores. Os títulos que indicam taxa flutuante são os indexados à taxa Selic. O estoque da dívida pública federal mais do que triplicou desde janeiro de 2004, crescendo a uma taxa anual composta de 9,22%. A título de comparação, segundo dados do Banco Central, a proporção da dívida bruta do governo geral, que vai além da dívida pública federal, como percentual do PIB, passou de 55,48% para 71,57% de dezembro de 2006 a março de 2017. Outra tendência que pode ser observada é o aumento da representatividade dos títulos indexados a algum índice de preço e dos prefixados em relação aos títulos com taxas flutuantes.

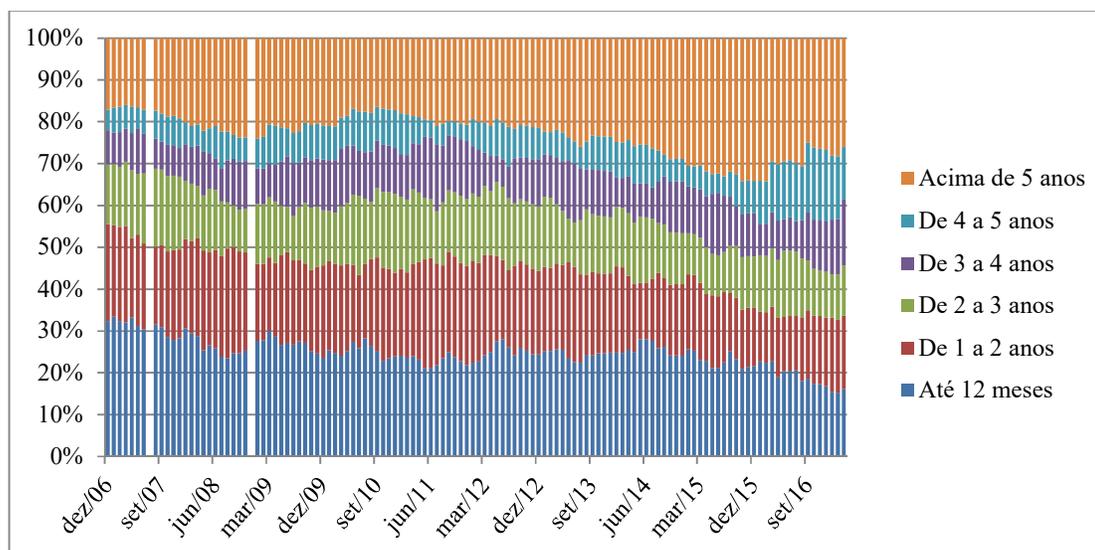
Figura 6- Estoque da dívida pública federal (R\$ Bilhões).



Fonte: Tesouro Nacional, elaborado pelo autor (2017).

A estrutura de vencimentos exposta na Figura 7 indica uma tendência de alongamento nos prazos dos títulos, percebida através do ganho de representatividade dos títulos com vencimento superior a 5 anos. Com a ETTJ em condições normais, ou seja, inclinada positivamente (conforme seção 2.1.3.), estes títulos oferecem remuneração maior dos que o de vencimento menor, contudo, oferecem maior prazo para o governo executar as políticas que justificam a emissão de dívida.

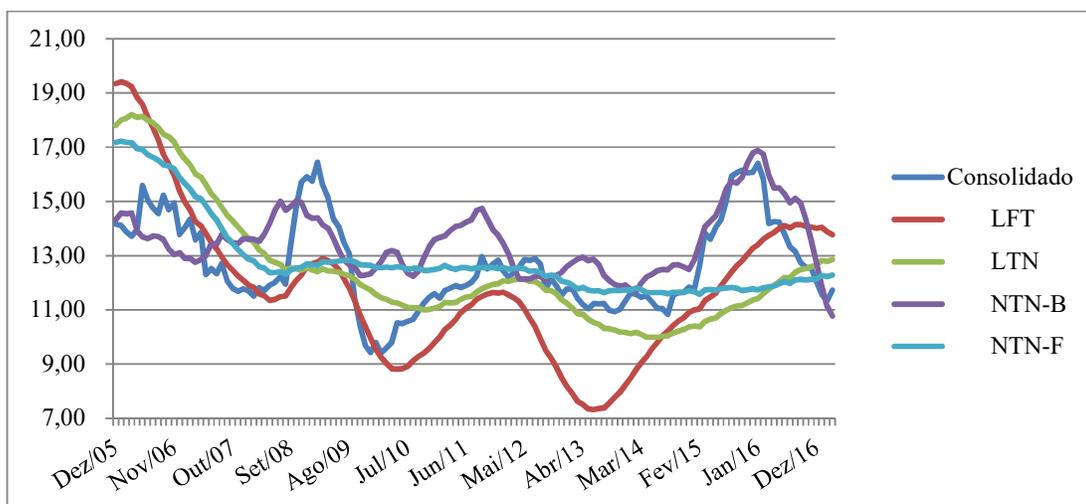
Figura 7- Estrutura de vencimentos da dívida pública



Fonte: Tesouro Nacional, elaborado pelo autor (2017).

A Figura 8 mostra o custo médio da dívida pública federal consolidado, assim como o custo específico de cada um dos títulos comentados na seção 2.1.7..

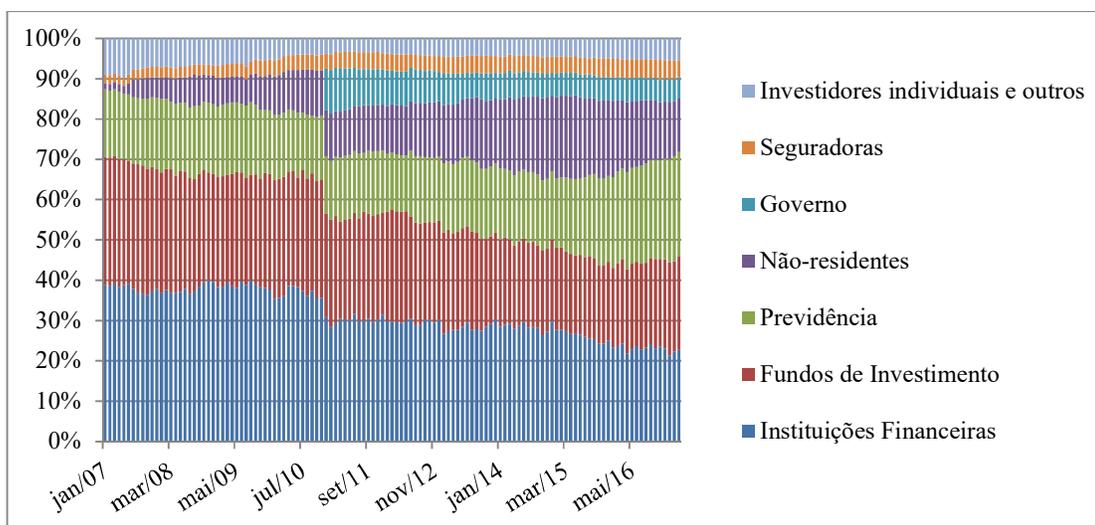
Figura 8 - Custo médio mensal (% a.a.).



Fonte: Tesouro Nacional, elaborado pelo autor (2017).

Os títulos da dívida pública federal são, em sua maioria, detidos por instituições financeiras e fundos de investimento, como mostra a Figura 9. É verdade que investidores individuais podem acessar os títulos públicos através de fundos de investimento, contudo, fica nítido o estágio ainda incipiente da participação do investidor individual no financiamento da dívida pública. Segundo o Banco Central, em março de 2017, o programa Tesouro Direto ainda representava apenas 1,35% do total do estoque da dívida.

Figura 9 - Detentores da dívida pública federal.



Fonte: Tesouro Nacional, elaborado pelo autor (2017).

2.3. INTRODUÇÃO À GESTÃO DE CARTEIRAS DE TÍTULOS

O espectro de estratégias para gestão de um portfólio de renda fixa, que é o caso de um portfólio composto por títulos públicos, é definido por Volpert (2000) como sendo classificável das seguintes maneiras:

- a) Indexação integral de algum índice de renda fixa;
- b) Indexação melhorada de um índice de renda fixa, igualando os fatores de risco;
- c) Indexação melhorada de um índice de renda fixa, com diferenciação mínima nos fatores de risco;
- d) Gestão ativa, com maior diferenciação de fatores de risco;
- e) Gestão ativa, sem referencial a fatores de risco;

No presente trabalho, como serão estudados apenas ativos livres de risco de *default* e emitidos pelo Tesouro Nacional, os principais fatores de risco a serem diferenciados em relação a algum índice comparativo serão, como também definidos por Volpert (2000):

- a) A *duration* do índice;
- b) O valor presente da distribuição dos fluxos de pagamento;

Considerando as necessidades de investidores individuais, acrescentar-se-á aos fatores de risco já citados o risco de marcação a mercado dos títulos, ou seja, variação ou volatilidade de seu preço unitário (PU).

As estratégias de gestão ativa e as de indexação melhorada buscam gerar retorno adicional após o ajustamento (do retorno) ao risco. Esse retorno adicional é conhecido como *alpha*. Nesse sentido, referir-se-á a essas estratégias como estratégias de valor agregado.

2.4. AS ESTRATÉGIAS DE GESTÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Segundo Fabozzi (2002), as estratégias de valor agregado podem ser classificadas de duas formas distintas: *strategic strategies* e *tactical strategies*.

Strategic strategies, também referenciadas, de forma simplificada, como *value-added strategies* envolvem:

- a) Estratégias de expectativa da taxa de juros
- b) Estratégias de curva de juros

c) Estratégias de alocação intersetoriais e intrasetoriais

Tactical strategies, também conhecidas como *relative value strategies*, são estratégias de negociação de curto prazo e incluem:

- a) Estratégias baseadas em análises que buscam títulos sobre e subavaliados
- b) Estratégias de negociação baseadas na curva de juros
- c) Estratégias de melhoramento dos retornos baseadas no uso de derivativos

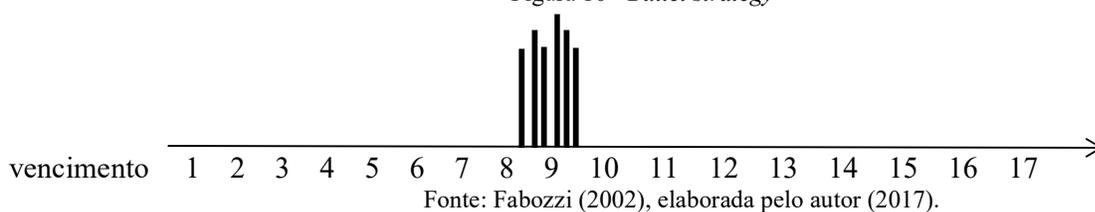
O presente trabalho, como descrito na seção 1.4, não discrimina um horizonte de tempo para os investidores interessados no conhecimento a ser agregado com sua leitura. Contudo, no âmbito das estratégias de valor agregado, focar-se-á nas denominadas *strategic strategies* pois as mesmas são condizentes com um horizonte de investimento de longo prazo, permitindo a sua aplicação por aqueles investidores inaptos à prática da negociação diária, também conhecida como *intra-day trading*.

Dentro das *strategic strategies*, ainda se propõe que a atenção esteja nas estratégias de curva de juros, uma vez que o estudo e aplicação de estratégias de expectativa da taxa de juros podem, por si só, tomar a dimensão de todo um trabalho de monografia, e as estratégias de alocação interssetoriais e intrasetoriais não são compatíveis com a proposta de investir somente em títulos públicos emitidos pelo Tesouro Nacional.

No âmbito das estratégias de curva de juros destacam-se as *bullet strategies*, *barbell strategies* e *ladder strategies*. Cada uma dessas estratégias resulta em uma diferente performance quando a estrutura da ETTJ é alterada e essa performance decorrerá tanto do sentido da alteração quanto da intensidade. Nesse sentido, nenhuma generalização pode ser feita acerca da estratégia de curva de juros ideal.

2.4.1. *Bullet strategies*

Bullet strategies são construídas de forma que os vencimentos dos títulos dentro do portfólio estejam concentrados em um ponto da curva de juros (FABOZZI, 2002). Nesse sentido a disposição dos títulos na estratégia *bullet*, pode ser representada pela Figura 10.

Figura 10 - *Bullet strategy*

No caso da Figura 10, nota-se que o ponto escolhido para a concentração dos vencimentos foi ao redor do vencimento de 9 anos.

2.4.2. *Barbell strategies*

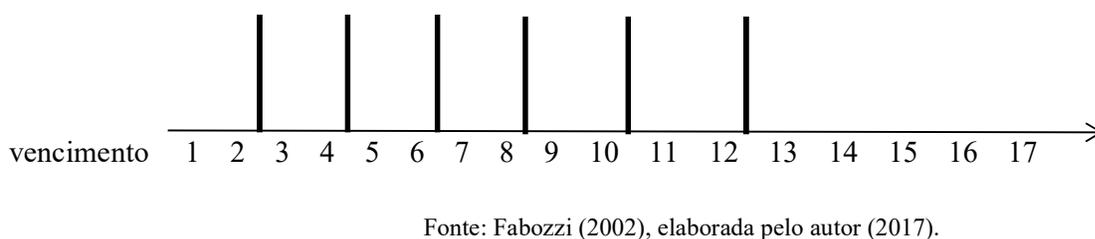
Nas *barbell strategies* os vencimentos dos títulos presentes em determinado portfólio estão concentradas em dois pontos extremos dentro do horizonte de prazos disponíveis (FABOZZI, 2002).

Figura 11 - *Barbell strategy*

No caso da Figura 11, nota-se a concentração dos vencimentos nas extremidades da disponibilidade de vencimentos.

2.4.3. *Ladder strategies*

Em uma *ladder strategy* o portfólio é construído para ter valores aproximadamente iguais em cada vencimento disponível. Logo, por exemplo, um portfólio poderia ter valores iguais em títulos com prazo de 10 anos, 11 anos e assim por diante (FABOZZI, 2002).

Figura 12 - *Ladder strategy*

No caso da Figura 12, nota-se a distribuição regular e equilibrada dos vencimentos.

2.4.4. Convexidade e sua importância na construção de uma carteira de títulos

Ao passo que a *duration*, conforme explicado na seção 2.2., indica que, independente do sentido da mudança da taxa básica que desconta os títulos para sua precificação, a mudança em seu PU é a mesma, esse entendimento não pode ser expandido para compreensão da volatilidade do PU dos títulos como um todo. Enquanto mudanças marginais na taxa de desconto, de fato, alterem os preços na mesma magnitude, o mesmo não ocorre para grandes mudanças na taxa de desconto. A *duration* é uma aproximação da mudança percentual no preço de um título quando da ocorrência de uma pequena alteração na taxa de desconto (FABOZZI, 2002).

Para a construção de uma carteira, a *duration* é uma primeira aproximação da mudança no valor consolidado da carteira função de uma pequena alteração na ETTJ, que traça as taxas de desconto a serem utilizadas na precificação dos títulos dessa carteira. Uma segunda e mais adequada aproximação seria alcançada ao acessar a convexidade da carteira. Esse termo já foi utilizado para demonstrar o formato da relação entre preço e taxa de desconto, na Figura 4, contudo, tem sentido um pouco distinto nessa aplicação. Segundo Fabozzi (2002), uma melhor definição seria a de *convexity correction*, ou correção da convexidade. A *convexity correction* de um título ou de uma carteira pode ser utilizada para aproximar a mudança no PU que não é explicada pela *duration*.

Os valores necessários para o cálculo da convexidade são os mesmos utilizados para calcular a *duration*:

$$\text{Convexidade} = \frac{PU \text{ se a taxa cair} + PU \text{ se a taxa subir} - 2(PU)}{2(PU) \times (\text{mudança na taxa em decimais})^2} \quad (12)$$

Dada a convexidade do título demonstrada na expressão (12), a *convexity correction* pode ser estimada da seguinte maneira:

$$\text{Convexity correction} = \text{Convexidade} \times (\text{mudança na taxa em decimais})^2 \quad (13)$$

Nesse sentido, no caso de um *convexity correction* de, por exemplo, 4%, a variação no PU de um título para a mesma mudança na taxa que resulta nos 4% de *convexity correction* seria a mudança em porcentagem indicada de acordo com o cálculo que utiliza a *duration* acrescida de 4%.

A noção de *convexity correction* é primordial para o total entendimento da aplicação das diferentes estratégias pois, cada estratégia está sujeita a uma *convexity correction* distinta. Dessa forma, o rendimento de cada uma das estratégias dependerá do sentido da alteração na ETTJ e de sua magnitude. Logo, não é possível afirmar *ex-ante* qual a estratégia é a ideal, o que corrobora a importância da aplicação das mesmas para o caso dos títulos da dívida pública federal brasileira (FABOZZI, 2002).

Os títulos ilustrados no Quadro 2 abaixo auxiliam na construção de um exemplo ilustrativo do efeito da *convexity correction* conforme elaborado originalmente por Fabozzi (2002).

Quadro 2 - Títulos hipotéticos para exemplificar o efeito da *convexity correction* nas três estratégias.

Título	Taxa do cupom	PU	YTM	Vencimento (anos)	<i>Duration</i>	Convexidade
I	7,5%	1.000	7,5%	10	6,50%	31,10
J	8,0%	1.000	8,0%	20	9,90%	73,64
K	6,5%	1.000	6,5%	5	4,21%	10,68

Fonte: Fabozzi (2002), elaborada pelo autor (2017).

Através dos vencimentos é possível identificar que o Título K, é o título de menor vencimento, o título J o de maior vencimento e o título I o de vencimento intermediário. O PU de todos os títulos é igual ao seu valor de face e assumir-se-á que o próximo pagamento de cupom será em 6 meses. Em função do valor do PU dos títulos, a *duration* indicada no Quadro 2, representa a mudança em unidades monetárias no PU em caso de uma alteração de 100 pontos base na taxa de desconto.

Supondo a construção de duas carteiras hipotéticas. A primeira carteira é composta exclusivamente pelo título I e, portanto, segue a estratégia *bullet*. A segunda carteira é composta em 59,75% pelo título K e em 40,25% pelo título J, essa carteira segue a estratégia *barbell*.

A *duration* do portfólio que segue a estratégia *bullet* é a mesma do único título do qual é composto, ou seja, 6,5 unidades monetárias. A *duration* da carteira que segue a estratégia *barbell*, por outro lado, é a média ponderada da *dollar duration*, ou a *duration* expressa em unidades monetárias, dos dois títulos que a compõe, conforme a expressão (14):

$$0,4025 (9,9) + 0,5975 (4,21) = 6,50 \quad (14)$$

Nota-se que a estratégia *barbell* e *bullet* constroem, propositalmente, carteiras com a mesma *duration*. Contudo, a convexidade dessas duas carteiras é distinta, a utilização da estratégia *bullet* resulta em uma medida de convexidade, conforme o Quadro 2, menor que a da carteira construída utilizando a estratégia *barbell*.

O rendimento esperado das duas carteiras também é distinto, enquanto a carteira *bullet* tem um rendimento igual ao YTM do único título que a compõe, o rendimento da carteira *barbell* é alcançado através da média ponderada dos YTM dos dois títulos que a compõe:

$$0,4025 (8\%) + 0,5975 (6,5\%) = 7,1\% \quad (15)$$

Como indicado na expressão (15), o rendimento esperado da carteira que usa a estratégia *barbell* é 40 pontos base menor, logo, as duas carteiras possuem a mesma *duration* e, ao mesmo tempo, rendimentos esperados distintos. No entanto, a convexidade da carteira *barbell* é superior a convexidade da carteira *bullet*. O resultado prático dessa constatação é o de que, para situações onde a ETTJ aumenta seu grau de curvatura, a estratégia *bullet* alcança maiores rendimentos. Já nos casos onde a ETTJ diminui seu ângulo de inclinação, a estratégia *barbell* é a que melhor performa. Nesse sentido a melhor estratégia para a gestão de carteiras dependerá dos objetivos do investidor, seu horizonte de investimento e do comportamento da ETTJ.

3. ANÁLISE EMPÍRICA

Esta seção se propõe a explicar e demonstrar a aplicação das estratégias descritas na seção 2.3. utilizando os conceitos apresentados na seção 2.1.. Nesse sentido, serão inicialmente apresentados os dados utilizados para aplicação empírica e mensuração dos resultados além do ferramental utilizado em tal empreendimento. Em seguida, são descritos os detalhes da implementação, ou seja, o detalhamento do racional prático por trás de cada estratégia, em detrimento do racional teórico, já explicado na seção 2.3..

Por fim, são apresentados os resultados da aplicação das estratégias.

3.1. DADOS E FERRAMENTAL

Os dados utilizados para a aplicação das estratégias são cotações de Letras do Tesouro Nacional obtidas junto ao Tesouro Nacional. Os dados compreendem o período entre 18/03/2002 e 16/05/2017, totalizando 3.799 observações. Também foi utilizado o rendimento da poupança, obtido através do Sistema Gerenciador de Séries Temporais do Banco Central do Brasil (SGS), para que os rendimentos obtidos através das estratégias pudessem ser comparados ao rendimento do principal veículo de investimento dos investidores individuais brasileiros.

Para a aplicação das estratégias, a ferramenta de cálculo utilizada foi o software R. As regras, estabelecidas na próxima seção, que determinam o racional de alocação do investidor foram padronizadas de acordo com a linguagem de programação do programa, que realizou as rotinas de cálculo para as três estratégias.

3.2. DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO

A base de dados utilizada oferece a cotação dos títulos conforme seu preço de venda e seu preço de compra e, sobre essa diferença, foi aplicado um *spread*, ou seja, uma cobrança adicional de 5 pontos base sobre as taxas negociadas como representação do custo de corretagem. O rebalanceamento das carteiras ocorreu sempre que um novo título estivesse disponível para negociação, o que significou, em média, a cada 84 dias úteis.

A tributação dos títulos negociados na plataforma Tesouro Direto segue um padrão regressivo, beneficiando o investidor que mantém os títulos por mais tempo. Para fins de tributação, foi considerada a perspectiva da pessoa física que opera via Tesouro Direto, conforme Quadro 3, abaixo. Foi considerada a simplificação em que, quando no momento de um rebalanceamento, existir a necessidade da venda de mais de um título, será considerada a

menor alíquota aplicável. Outra simplificação considerada foi a exclusão da cobrança de Imposto sobre Operações Financeiras (IOF), ao qual um investidor que opera através do Tesouro Direto está sujeito caso liquide um título em menos de 30 dias após a sua compra.

Quadro 3 - Tributação do Tesouro Direto

Prazo do título na carteira	Alíquota
Até 180 dias	22,5%
De 181 a 360 dias	20%
De 361 a 720 dias	17,5%
Após 720 dias	15%

Fonte: Tesouro Nacional, elaborado pelo autor (2017).

O cálculo do desconto do imposto é realizado de acordo com a expressão (16):

$$\text{Imposto de renda} = \text{Respectiva alíquota} \times (\text{PU Final} - \text{PU Inicial}) \quad (16)$$

Para a carteira que segue a estratégia de alocação *bullet*, a gestão dos títulos compreendidos foi feita supondo que o investidor compraria sempre o título na mediana dos vencimentos disponíveis, ou faria metade de sua aplicação em cada um dos títulos que compreendessem a mediana no caso de um número par de títulos.

No caso da carteira gerida de acordo com a estratégia *barbell*, o investidor manteria sua carteira composta em 50% pelo título com o menor vencimento disponível e o restante pelo título com o maior vencimento disponível.

A carteira gerida conforme o racional da estratégia *ladder* simula o investidor que manteve a carteira composta por todos os títulos disponíveis com uma distribuição proporcional de ordem de um sobre número de títulos disponíveis em cada vencimento.

3.3. RESULTADOS OBTIDOS

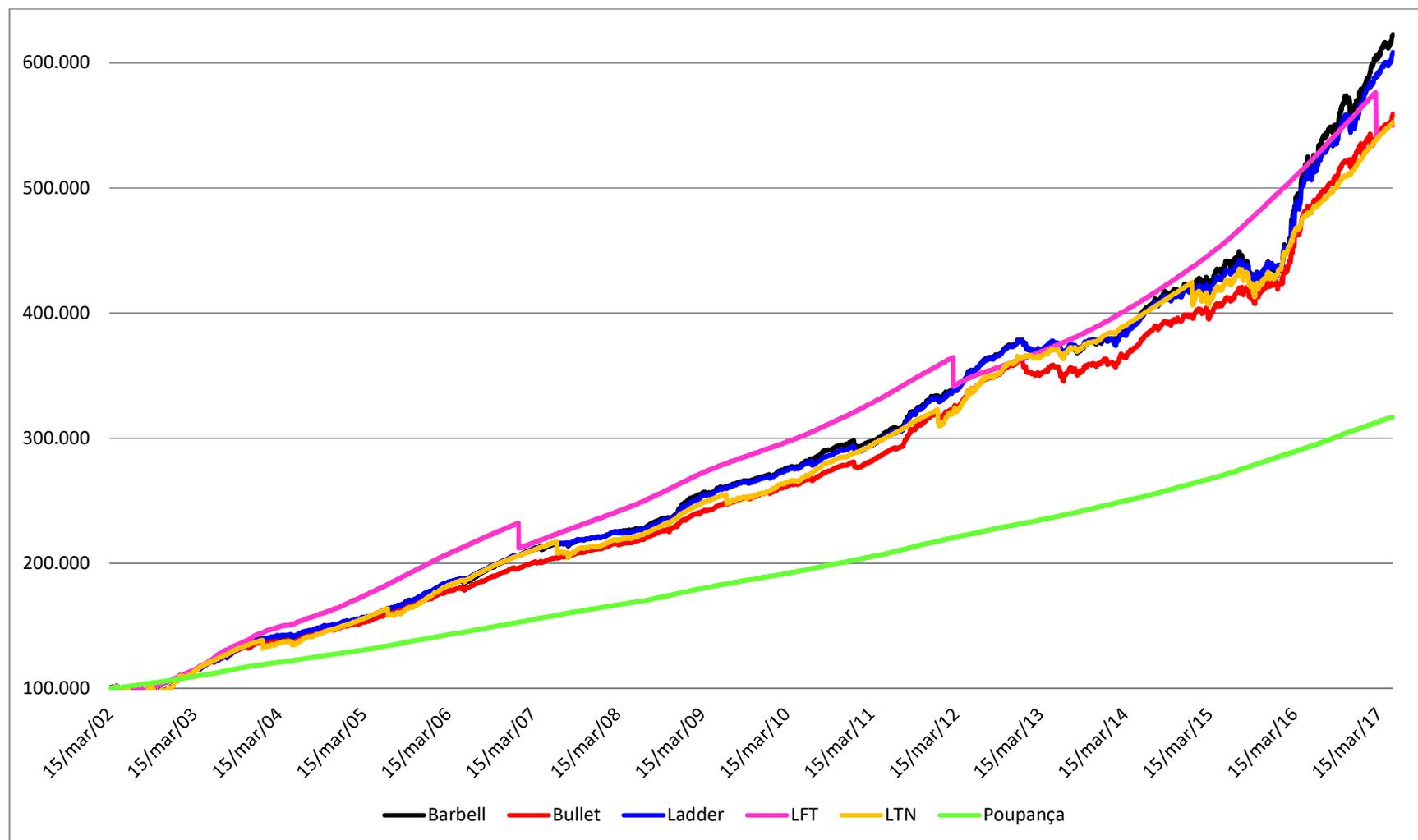
Após a implementação, os resultados obtidos indicam que o melhor rendimento absoluto foi obtido através da aplicação da estratégia *barbell*. Conforme a Figura 13 e Tabela 1, contudo e conforme explicado na seção 2.2.3., os resultados obtidos precisam ser analisados à luz de seus retornos ajustados ao risco, medido pelo Índice de Sharpe, e comparados aos retornos de seus *benchmarks*.

Tabela 1 – Resultados obtidos com as estratégias

	Retorno total	Retorno composto anualizado	Retorno anual médio	Desvio padrão do retorno anual médio	Índice de Sharpe	Rebalan- ceamentos
<i>Estratégias</i>						
<i>Barbell</i>	522,68%	8,67%	13,27%	7,53%	27,86	58
<i>Bullet</i>	459,27%	8,14%	12,52%	6,56%	27,42	65
<i>Ladder</i>	508,27%	8,56%	13,10%	7,36%	29,57	65
<i>Benchmarks</i>						
LFT	450,06%	8,06%	12,71%	6,87%	34,32	3
LTN	452,55%	8,08%	12,46%	6,67%	25,32	6
Poupança	216,87%	5,39%	7,88%	1,14%	-	-
<i>Estratégias - Sem IR</i>						
<i>Barbell</i>	785,99%	10,43%	16,07%	7,99%	43,85	58
<i>Bullet</i>	807,03%	10,55%	16,23%	7,36%	52,74	65
<i>Ladder</i>	781,78%	10,41%	16,02%	7,66%	47,54	65
<i>Benchmarks</i>						
LFT	583,44%	9,13%	13,97%	5,73%	124,45	3
LTN	595,71%	9,22%	13,97%	6,33%	39,13	6
IRF-M	717,51%	10,03%	14,74%	5,79%	74,24	-
IRF-M 1	639,85%	9,53%	14,09%	4,82%	185,55	-
IRF-M 1+	753,87%	10,25%	15,87%	8,38%	38,18	-

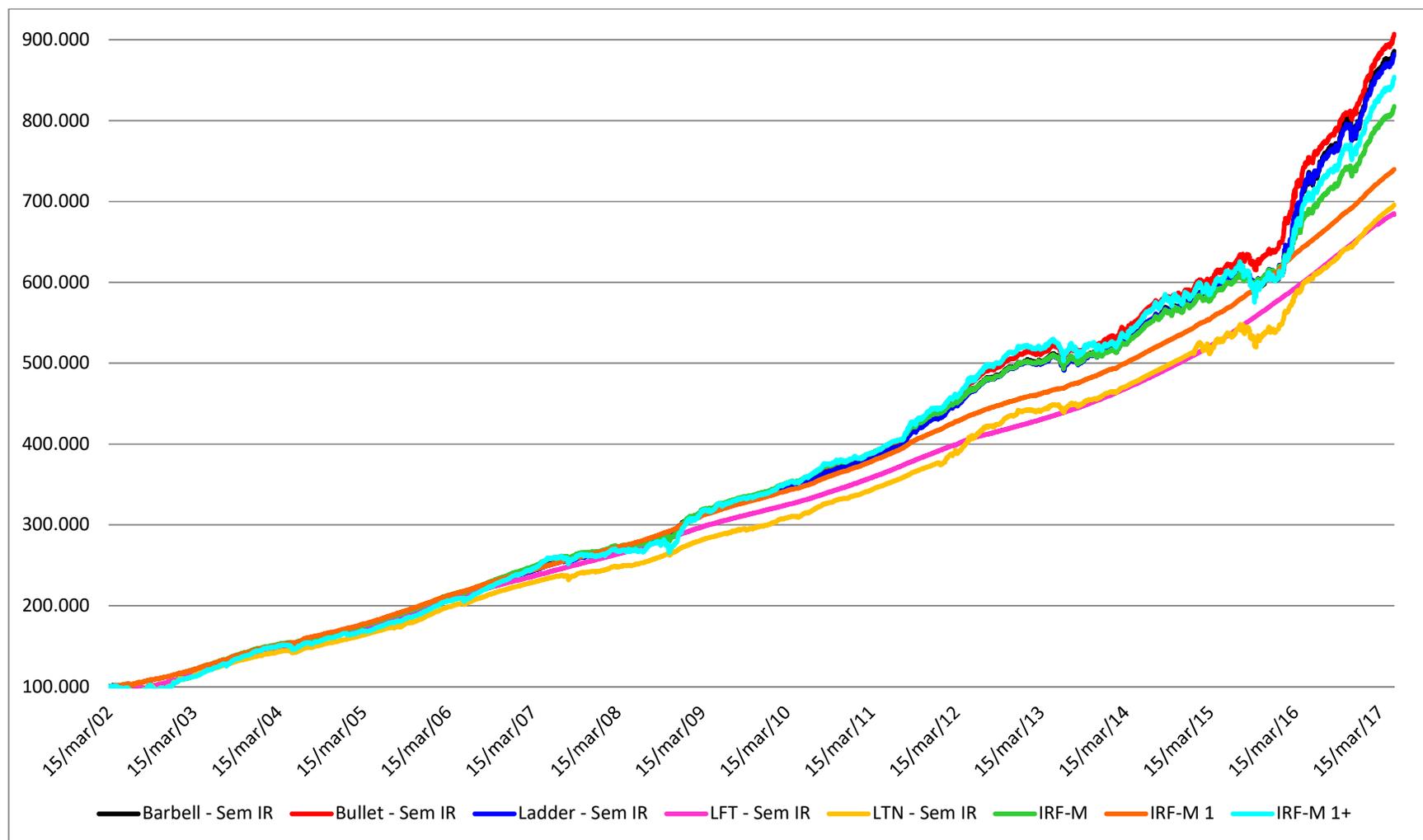
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os principais *benchmarks* das estratégias que consideraram o IR foram uma carteira aplicada em Letras Financeiras do Tesouro (LFT ou Tesouro Selic) e uma carteira aplicada em Letras do Tesouro Nacional (LTN ou Tesouro Prefixado), cujas estratégias foram idênticas: aplicar no título de vencimento mais longo disponível e repetir a aplicação quando o título vencesse. Como exposto no Quadro 1, as LFTs são títulos zero cupom, indexados à taxa Selic e seu PU marcado a mercado não difere de sua marcação na curva pois é do tipo pós-fixado. Já as LTNs, são títulos zero cupom e prefixados. Um terceiro *benchmark* ao desempenho das estratégias com IR é o retorno da caderneta de poupança no período. No entanto, essa comparação só é feita com o objetivo de ilustrar a rentabilidade da principal opção de investimento dos investidores individuais brasileiros, em termos de volume investido.

Figura 13 – Resultados obtidos com as estratégias e *benchmarks*

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Figura 14 – Resultados obtidos com as estratégias e benchmarks



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O Índice de Sharpe alcançado pela poupança, contudo, não deve ser comparado ao das estratégias ou ao do *benchmark* da carteira aplicada em LFT. Essa impossibilidade decorre das aplicações em caderneta de poupança serem consideradas depósitos à vista, o que as difere estruturalmente dos títulos dada a distinção entre a liberdade do tomador do título e do depositário da caderneta de poupança.

Os *benchmarks* das estratégias que não consideraram o IR são: as mesmas carteiras aplicadas em LFT e LTN, dessa vez sem considerar o IR; o Índice de Renda Fixa (IRF-M) da Anbima, que representam uma carteira de títulos públicos federais teórica de títulos prefixados ponderados por sua quantidade disponível em mercado; o IRF-M 1, que segue o princípio do IRF-M aplicado exclusivamente a títulos com vencimento inferior a 1 ano; e o IRF-M 1+, que segue o princípio do IRF-M aplicado exclusivamente a títulos com vencimento superior a 1 ano.

A análise dos resultados será focada nas estratégias com IR, por serem as que melhor representam a realidade do investidor individual, mas também buscará identificar as principais causas das diferenças entre os rendimentos das estratégias com e sem IR.

Nesse sentido, o melhor rendimento absoluto, considerando o IR, foi obtido pela estratégia *barbell*. O período analisado foi marcado por 3 ciclos de aperto monetário e 4 ciclos de afrouxamento monetário, sendo o último iniciado em outubro de 2016. As características da estratégia *barbell* favoreceram o aproveitamento da *convexity correction* de seus títulos, concentrados nas duas pontas da ETTJ. Outro atributo alcançado pela estratégia *barbell* foi o de manter os títulos em carteira por mais tempo, o que fez com que fosse a estratégia que perdesse menos pontos percentuais de rentabilidade em relação à simulação sem a incidência de IR.

Contudo, é importante destacar que, caso seja desconsiderado o efeito do IR sobre os rendimentos, a estratégia com maior retorno absoluto passa a ser a estratégia *bullet* que, por concentrar a escolha dos títulos na mediana dos vencimentos, alcança um equilíbrio entre a valorização nos ciclos de afrouxamento e desvalorização nos ciclos de aperto que rende melhores resultados que as outras estratégias. A piora de seu rendimento nas simulações que consideram a cobrança de IR é ocasionada pela alta rotatividade dos títulos na carteira, fazendo com que pague alíquotas mais altas de IR, de acordo com o Quadro 3, nos rebalanceamentos.

A estratégia *ladder*, por outro lado, não obteve os melhores rendimentos absolutos em nenhum dos cenários, mas foi a estratégia com o melhor Índice de Sharpe no cenário com incidência da IR. Essa estratégia não sofreu tanto com a taxa de IR nos rebalanceamentos quanto

a *bullet*, 273,51 p.p. frente 347,76 p.p. de perda de rentabilidade com IR no caso da *bullet*, mas, ainda preservou parte das características de equilíbrio entre os vencimentos que melhorou seu rendimento vis-à-vis sua volatilidade, o que provoca uma melhora no Índice de Sharpe.

Além de qualquer uma das estratégias, o melhor Índice de Sharpe, em ambos os cenários de simulação, foi obtido pela carteira *benchmark*, que aplicou exclusivamente em LFTs, mantendo-as sempre até o vencimento. Um investidor que adotasse essa opção de investimento teria realizado apenas 3 alterações em sua carteira ao longo de 15,17 anos, não teria aproveitado da valorização dos PUs nos ciclos de afrouxamento monetário, mas também não estaria exposto a volatilidade.

4. CONCLUSÕES

A análise empírica conduzida e descrita na seção 3 objetivou comparar as diferentes estratégias apresentadas no decorrer do presente trabalho, a fim de identificar a alternativa com o melhor retorno ajustado ao risco, de acordo com o Índice de Sharpe. Conforme constatado, a despeito da aplicação das estratégias *barbell*, *bullet* e *ladder*, a melhor opção para o investidor é a aplicação contínua em LFT de maior vencimento.

Essa constatação corrobora o pensamento de Barber e Odean (2000) que, estudando o universo da renda variável, apontaram a relação entre o número de operações realizadas por um investidor e seu retorno após os custos de transação. No caso do presente trabalho, o fator principal não é peso de se realizar alterações na carteira, isto é, os custos de transação. Os custos de transação foram computados mesmo nas simulações que não consideram o IR. Contudo, a circunstância real a qual um investidor brasileiro está sujeito, de ter que incorrer em cobrança de IR sempre que auferir qualquer rendimento com um título, atua como destruidor do efeito do rendimento composto e corrói o benefício que poderia ser originado do carregamento dos títulos.

Ademais, a evidência de que uma rotina de investimento de 3 movimentações em 15,17 anos, risco de *default* virtualmente nulo e liquidez diária alcançou um rendimento 2,08 vezes superior ao da principal opção de investimento dos brasileiros, sugere que o excesso de retorno que os investidores tem deixado de assumir possa estar sendo aproveitado pela tesouraria dos bancos nos quais mantêm poupança.

Essa constatação levanta a possibilidade do mau cumprimento do dever fiduciário dos bancos frente seus depositantes, o que pode derivar da concentração bancária, que como já explorado por Costa (2004), tem relação com bem estar.

REFERÊNCIAS

ANBIMA. **Índices de renda fixa IMA**. Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros e de Capitais, 2011.

ANBIMA. **Títulos públicos federais: critérios de cálculo e metodologia de precificação**. Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros e de Capitais, 2009.

BARBER, Brad M.; ODEAN, Terrance. Trading Is Hazardous to Your Wealth: The Common Stock Investment Performance of Individual Investors. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 55, n. 2, p.773-806, abr. 2000. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/0022-1082.00226>.

BERNZ, Bruno Müller. **Modelos de otimização de carteiras e gestão ativa de risco aplicados ao mercado brasileiro**. 2011. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Centro Socioeconômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BM&FBOVESPA; (São Paulo) (Comp.). **Taxas referenciais BM&FBOVESPA; Taxa utilizada na apuração do risco de crédito das operações de swap, de que tratam a Resolução 2399/97 e a Circular 2771/97, do Bacen.** 2017. Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/precos-referenciais/taxas-referenciais-bm-fbovespa/. Acesso em: 30 abr. 2017.

BRASIL. Banco Central do Brasil. Ministério da Fazenda. **Sistema Gerenciador de Séries Temporais: Módulo público**. 2017. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>. Acesso em: 20 maio 2017.

BRASIL. Escola de Administração Fazendária. Ministério da Fazenda. **Tesouro Direto: Módulo 1 - Introdução ao Tesouro Direto**. 2017. Disponível em: http://www.tesouro.fazenda.gov.br/documents/10180/561722/Modulo1_TesouroDireto1.pdf. Acesso em: 09 abr. 2017.

BRASIL. Escola de Administração Fazendária. Ministério da Fazenda. **Tesouro Direto: Módulo 2 – Tópicos especiais sobre o Tesouro Direto**. 2017. Disponível em: http://www.tesouro.fazenda.gov.br/documents/10180/561722/Modulo+2_TesouroDireto.pdf. Acesso em: 09 abr. 2017.

BRASIL. Escola de Administração Fazendária. Ministério da Fazenda. **Tesouro Direto: Módulo 3 – Curso avançado do Tesouro Direto**. 2017. Disponível em: http://www.tesouro.fazenda.gov.br/documents/10180/561722/Modulo+3_TesouroDireto.pdf. Acesso em: 09 abr. 2017.

BRASIL. Tesouro Nacional. Ministério da Fazenda. **Entenda cada título no detalhe**. 2017. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-entenda-cada-titulo-no-detalhe>. Acesso em: 09 abr. 2017.

BRASIL. Tesouro Nacional. Ministério da Fazenda. **Histórico de Preços e Taxas**. 2017. Disponível em: <https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2031:2>. Acesso em: 16 maio 2017.

COSTA, Ana Carla Abrão. **Ensaio em microeconomia bancária**. 2004. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Departamento de Economia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

DAMODARAN, Aswath. **Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of any Asset**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012. 992 p.

FABOZZI, Frank J.. **Fixed Income Securities**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002. 464 p.

FABOZZI, Frank J.; MARTELLINI, Lionel; PRIAULET, Philippe. **Advanced Bond Portfolio Management: Best Practices in Modeling and Strategies**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. 558 p.

FISHER, Lawrence; WEIL, Roman L.. Coping with the Risk of Interest-Rate Fluctuations: Returns to Bondholders from Naive and Optimal Strategies. **The Journal Of Business**. Chicago, p. 408-431. out. 1971.

FUNDO GARANTIDOR DE CRÉDITO. **Relatório Anual**. 2016. Disponível em: <[http://www.fgc.org.br/backend/upload/media/arquivos/PDF/Estatisticas e Publicações/13830ef7-a8a6-49e1-a046-9a6df401cbc6.pdf](http://www.fgc.org.br/backend/upload/media/arquivos/PDF/Estatisticas_e_Publicações/13830ef7-a8a6-49e1-a046-9a6df401cbc6.pdf)>. Acesso em: 29 maio 2016.

GRAHAM, Benjamin. **The Intelligent Investor: A Book of Practical Counsel**. 2. ed. New York: Harper, 1959. 292 p.

JORION, P. **Value-at-Risk** – A nova fonte de referência para o controle do risco de mercado. São Paulo: BM&F, 1998.

MACAULAY, Frederick Robertson. **Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States since 1856**. New York: The National Bureau Of Economic Research, 1938. 625 p.

MISHKIN, Frederic Stanley. **The Economics of Money, Banking and Financial Markets**. 11. ed. New York: Pearson, 2015. 704 p. (The Pearson Series in Economics).

MINSKY, Frederic Stanley. **The economics of money, banking, and financial markets**. 7. ed. United States Of America: Pearson Prentice Hall, 2004. 850 p

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUGLIESI, Homero Biselli. **A estrutura a termo como um previsor da atividade econômica real**. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Centro Socioeconômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SECURATO, José Roberto (Org.). **Cálculo financeiro das tesourarias: Bancos e empresas**. 5. ed. São Paulo: Saint Paul Editora, 2015. 544 p.

SHARPE, William F.. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.425-442, set. 1964. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/2977928>.

VOLPERT, Kenneth E.. Managing Indexed and Enhanced Indexed Bond Portfolios. In: FABOZZI, Frank J.. **Fixed Income Readings for the Chartered Financial Analysts Program**. New Hope: Frank J. Fabozzi Associates, 2000. Cap. 4, p. 150.

ANEXOS

Anexo 1 – Rotina utilizada no software R para o cálculo dos retornos com IR da estratégia *barbell*

```

“library(lubridate)
require(zoo)
library(xlsx)
library(plyr)
# Apaga todas as Variaveis
rm(list=ls(all=TRUE))
# Define Directorio Padrao
#this.dir <- dirname(parent.frame(2)$ofile)
#setwd(this.dir)
# Carrega dados de PU de compras e vendas do Excel
#df_Compras <- read.xlsx("LTN_2002_2017_a.xlsx", sheetIndex = 1)
#df_Vendas <- read.xlsx("LTN_2002_2017_b.xlsx", sheetIndex = 1)
# Carrega dados de PU de compras e vendas do RData criado a partir dos dados carregados do
Excel
load("df_sim.RData")
df_Info_Simulacao <- data.frame(df_Compras$Data_Base)
colnames(df_Info_Simulacao) <- "Data_Base"
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes <- 0
df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto <- 0
df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo <- 0
df_Info_Simulacao$Rebal_Barbell <- 0
df_Info_Simulacao$PL <- 100000
Calcular_IR <- 1 # 1 - Sim / 0 - Nao
nro_Data_Base <- nrow(df_Compras)
# Número de dias de Simulação
nro_Vencimento <- ncol(df_Compras) - 1
# Número de Vencimentos (extrai a primeira coluna que é a coluna de Data Base)
df_Portfolio_Atual_Quantidades <- df_Compras
df_Portfolio_Atual_Financeiro <- df_Compras
df_Delta_Acoes <- df_Compras

```

```

df_Dias_Investidos <- df_Compras
df_IR <- df_Compras
df_PnL <- df_Compras
df_PnL_Trades <- df_Compras
df_Portfolio_Atual_Quantidades[,2:40]<-0
df_Portfolio_Atual_Financeiro[,2:40]<-0
df_Delta_Acoes[,2:40]<-0
df_Dias_Investidos[,2:40]<-0
df_IR[,2:40]<-0
df_PnL[,2:40]<-0
df_PnL_Trades[,2:40]<-0
df_Compras_Ajustado <-df_Compras
df_Compras_Ajustado[is.na(df_Compras_Ajustado)] <- 0
df_Vendas_Ajustado <-df_Vendas
df_Vendas_Ajustado[is.na(df_Vendas_Ajustado)] <- 0 for (i in 52:nro_Data_Base){
Financeiro_Atual <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1]
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes[i] <- as.double((nro_Vencimento -
rowSums(is.na(df_Compras[i,]))) )
# Conta o número de NAs em uma linha. Determina quantos vencimentos existem na data
NonNAindex <- which(!is.na(df_Compras[i, 2:40]))
df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto[i] <- min(NonNAindex) + 1
# Determina o Vencimento Mais Curto
NonNAindex <- which(!is.na(df_Compras[i, 2:40]))
df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo[i] <- max(NonNAindex) + 1
# Determina o Vencimento Mais Longo
if((df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto[i] != df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto[i - 1])
|| df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo[i] != df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo[i -
1]){df_PnL[i,2:40] <- as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, 2:40])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, 2:40])))
# Monta nova posição
df_Info_Simulacao$Rebal_Barbell[i] <- 1
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto[i]] <-
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto[i]] +

```

```

(Financeiro_Atual / 2) / as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i,
df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Curto[i]))))
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo[i]] <-
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo[i]] +
(Financeiro_Atual / 2) / as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i,
df_Info_Simulacao$Venc_Mais_Longo[i])))) df_Portfolio_Atual_Financeiro[i,2:40] <-
as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40])) df_Delta_Acoes[i, 2:40] <-
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40] - df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40]
for (j in 2 : 40){
# Calcula Dias Investidos
if (df_Delta_Acoes[i, j] > 0 && df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] ==0){
df_Dias_Investidos[i,j] <- 1} else if(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] !=0){
df_Dias_Investidos[i,j] <- df_Dias_Investidos[i - 1,j] + 1}
# Calcula IR
if (Calcular_IR == 1){if (df_Delta_Acoes[i, j] < 0){ if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 126){
df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.225 * df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] -
df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])};else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] >
126 && df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 252){df_IR[i, j]<-df_IR[i, j] + 0.20 *
df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] - df_Compras_Ajustado[i -
df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])};else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 252 &&
df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 504){ df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.175 * df_Delta_Acoes[i, j] *
(df_Compras_Ajustado[i - 1,j] - df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])
} else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 504){ df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.15 *
df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] - df_Compras_Ajustado[i -
df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])}} } if(df_Delta_Acoes[i,j] < 0){
# Se Delta de ações é negativo, título é vendido pelo preço do BID (Compra)
if (i == 52){ df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])))
} else if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,j] == 0){
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])))

```

```

} else { df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, j]))) } } else {
# Se Delta de ações é positivo, título é comprado pelo preço do ASK (Venda)
if (i == 52) { df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, j])))
} else if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1, j] == 0) { df_PnL_Trades[i,j] <-
as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, j]))) } else {
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i - 1, j]))) } } }
df_Info_Simulacao$PL[i] <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1] +
sum(as.numeric(as.character(df_IR[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(as.character(df_PnL[i,2:40]))) + sum(as.numeric(df_PnL_Trades[i,2:40]))
} else {
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40] <- df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40]
df_Portfolio_Atual_Financeiro[i,2:40] <-
as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40]))
df_PnL[i,2:40] <- as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, 2:40])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, 2:40])))
df_Info_Simulacao$PL[i] <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1] +
sum(as.numeric(as.character(df_IR[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(as.character(df_PnL[i,2:40])))
# Atualiza Dias Investidos
for (j in 2 : 40) { if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] !=0) {df_Dias_Investidos[i,j] <-
df_Dias_Investidos[i - 1,j] + 1 } } }
write.table(df_Info_Simulacao, "BARBELL_IR.txt", sep="\t")

```

Anexo 2 – Rotina utilizada no software R para o cálculo dos retornos com IR da estratégia *bullet*

```

“library(lubridate)
require(zoo)
library(xlsx)
library(plyr)
# Apaga todas as Variaveis
rm(list=ls(all=TRUE))
# Define Directorio Padrao
this.dir <- dirname(parent.frame(2)$ofile)
setwd(this.dir)
# Carrega dados de PU de compras e vendas do Excel
#df_Compras <- read.xlsx("LTN_2002_2017_a.xlsx", sheetIndex = 1)
#df_Vendas <- read.xlsx("LTN_2002_2017_b.xlsx", sheetIndex = 1)
# Carrega dados de PU de compras e vendas do RData criado a partir dos dados carregados do
Excel
load("df_sim.RData")
df_Info_Simulacao <- data.frame(df_Compras$Data_Base)
colnames(df_Info_Simulacao) <- "Data_Base"
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes <- 0
df_Info_Simulacao$Rebal_Bullet <- 0
df_Info_Simulacao$PL <- 100000
Calcular_IR <- 1 # 1 - Sim / 0 - Nao
nro_Data_Base <- nrow(df_Compras) # Número de dias de Simulação
nro_Vencimento <- ncol(df_Compras) - 1 # Número de Vencimentos (extrai a primeira
coluna que é a coluna de Data Base)
df_Portfolio_Atual_Quantidades <- df_Compras
df_Portfolio_Atual_Financeiro <- df_Compras
df_Delta_Acoes <- df_Compras
df_Dias_Investidos <- df_Compras
df_IR <- df_Compras
df_PnL <- df_Compras
df_PnL_Trades <- df_Compras
df_Portfolio_Atual_Quantidades[,2:40]<-0
df_Portfolio_Atual_Financeiro[,2:40]<-0
df_Delta_Acoes[,2:40]<-0
df_Dias_Investidos[,2:40]<-0
df_IR[,2:40]<-0
df_PnL[,2:40]<-0
df_PnL_Trades[,2:40]<-0
df_Compras_Ajustado <-df_Compras
df_Compras_Ajustado[is.na(df_Compras_Ajustado)] <- 0
df_Vendas_Ajustado <-df_Vendas
df_Vendas_Ajustado[is.na(df_Vendas_Ajustado)] <- 0
for (i in 52:nro_Data_Base){
Financeiro_Atual <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1]
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes[i] <- as.double((nro_Vencimento -
rowSums(is.na(df_Compras[i,]))) )

```

```

# Conta o número de NAs em uma linha. Determina quantos vencimentos existem na data
if(!all(which(!is.na(df_Compras[i - 1,2:40])) == which(!is.na(df_Compras[i,2:40])))) || i ==
52){df_PnL[i,2:40] <- as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, 2:40])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, 2:40])))
# Monta nova posição
df_Info_Simulacao$Rebal_Bullet[i] <- 1 idx_Not_NA <- which(!is.na(df_Compras[i,2:40]))
Nro_idx_Not_NA <- length(idx_Not_NA) if(Nro_idx_Not_NA %% 2 == 0){
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, idx_Not_NA[Nro_idx_Not_NA / 2] + 1] <-
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, idx_Not_NA[Nro_idx_Not_NA / 2] + 1] +
(Financeiro_Atual / 2) / as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i,
idx_Not_NA[Nro_idx_Not_NA / 2] + 1]))
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, idx_Not_NA[Nro_idx_Not_NA / 2 + 1] + 1] <-
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, idx_Not_NA[Nro_idx_Not_NA / 2 + 1] + 1] +
(Financeiro_Atual / 2) / as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i,
idx_Not_NA[Nro_idx_Not_NA / 2 + 1] + 1])) }else{df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,
idx_Not_NA[(Nro_idx_Not_NA + 1) / 2] + 1] <- df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,
idx_Not_NA[(Nro_idx_Not_NA + 1) / 2] + 1] + (Financeiro_Atual) /
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, idx_Not_NA[(Nro_idx_Not_NA + 1) / 2] +
1]))}
df_Portfolio_Atual_Quantidades[df_Portfolio_Atual_Quantidades==Inf] <- 0
df_Portfolio_Atual_Financeiro[i,2:40] <-
as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40]))
df_Delta_Acoes[i, 2:40] <- df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40] -
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40]for (j in 2 : 40){
# Calcula Dias Investidos
if (df_Delta_Acoes[i, j] > 0 && df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] ==0){
df_Dias_Investidos[i,j] <- 1} else if(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] !=0){
df_Dias_Investidos[i,j] <- df_Dias_Investidos[i - 1,j] + 1}
# Calcula IR
if (Calcular_IR == 1){if (df_Delta_Acoes[i, j] < 0){ if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 126){
df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.225 * df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] -
df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])}else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] >
126 && df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 252){ df_IR[i, j]<-df_IR[i, j] + 0.20 *
df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] - df_Compras_Ajustado[i -
df_Dias_Investidos[i - 1,j],j]) }else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 252 &&
df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 504){ df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.175 * df_Delta_Acoes[i, j] *
(df_Compras_Ajustado[i - 1,j] - df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])}else
if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 504){ df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.15 * df_Delta_Acoes[i, j] *
(df_Compras_Ajustado[i - 1,j] - df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])}}
if(df_Delta_Acoes[i,j] < 0){
# Se Delta de ações é negativo, título é vendido pelo preço do BID (Compra)
if (i == 52){ df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])))
} else if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,j] == 0){ df_PnL_Trades[i,j] <-
as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])))
}

```

```

} else { df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, j])))) } else {
# Se Delta de ações é positivo, título é comprado pelo preço do ASK (Venda)
if (i == 52) { df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, j])))) } else if
(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1, j] == 0) { df_PnL_Trades[i,j] <-
as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, j])))) } else {
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i - 1, j])))) } } }
df_Info_Simulacao$PL[i] <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1] +
sum(as.numeric(as.character(df_IR[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(as.character(df_PnL[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(df_PnL_Trades[i,2:40])) } else { df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40] <-
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40] df_Portfolio_Atual_Financeiro[i,2:40] <-
as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40]))
df_PnL[i,2:40] <- as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, 2:40])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, 2:40])))
df_Info_Simulacao$PL[i] <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1] +
sum(as.numeric(as.character(df_IR[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(as.character(df_PnL[i,2:40])))
# Atualiza Dias Investidos
for (j in 2 : 40) { if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] !=0) { df_Dias_Investidos[i,j] <-
df_Dias_Investidos[i - 1,j] + 1 } } }
write.table(df_Info_Simulacao, "BULLET_IR.txt", sep="\t")

```

Anexo 3 – Rotina utilizada no software R para o cálculo dos retornos com IR da estratégia *ladder*

```

“library(lubridate)
require(zoo)
library(xlsx)
library(plyr)
# Apaga todas as Variaveis
rm(list=ls(all=TRUE))
# Define Diretorio Padrao
#this.dir <- dirname(parent.frame(2)$ofile)
#setwd(this.dir)
# Carrega dados de PU de compras e vendas do Excel
#df_Compras <- read.xlsx("LTN_2002_2017_a.xlsx", sheetIndex = 1)
#df_Vendas <- read.xlsx("LTN_2002_2017_b.xlsx", sheetIndex = 1)
# Carrega dados de PU de compras e vendas do RData criado a partir dos dados carregados do
Excel

```

```

load("df_sim.RData")
df_Info_Simulacao <- data.frame(df_Compras$Data_Base)
colnames(df_Info_Simulacao) <- "Data_Base"
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes <- 0
df_Info_Simulacao$Rebal_Barbell <- 0
df_Info_Simulacao$PL <- 100000
Calcular_IR <- 0 # 1 - Sim / 0 - Nao
nro_Data_Base <- nrow(df_Compras)
# Número de dias de Simulação
nro_Vencimento <- ncol(df_Compras) - 1
# Número de Vencimentos (extrai a primeira coluna que é a coluna de Data Base)
df_Portfolio_Atual_Quantidades <- df_Compras
df_Portfolio_Atual_Financeiro <- df_Compras
df_Delta_Acoes <- df_Compras
df_Dias_Investidos <- df_Compras
df_IR <- df_Compras
df_PnL <- df_Compras
df_PnL_Trades <- df_Compras
df_Portfolio_Atual_Quantidades[,2:40]<-0
df_Portfolio_Atual_Financeiro[,2:40]<-0
df_Delta_Acoes[,2:40]<-0
df_Dias_Investidos[,2:40]<-0
df_IR[,2:40]<-0
df_PnL[,2:40]<-0
df_PnL_Trades[,2:40]<-0
df_Compras_Ajustado <-df_Compras
df_Compras_Ajustado[is.na(df_Compras_Ajustado)] <- 0
df_Vendas_Ajustado <-df_Vendas
df_Vendas_Ajustado[is.na(df_Vendas_Ajustado)] <- 0
for (i in 52:nro_Data_Base){Financeiro_Atual <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1]
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes[i] <- as.double((nro_Vencimento -
rowSums(is.na(df_Compras[i,]))) )
# Conta o número de NAs em uma linha. Determina quantos vencimentos existem na data
if(((df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes[i] !=
df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes[i - 1])) || (!all(which(!is.na(df_Compras[i -
1,2:40])) == which(!is.na(df_Compras[i,2:40]))))) {
df_PnL[i,2:40] <- as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, 2:40])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, 2:40])))

# Monta nova posição
df_Info_Simulacao$Rebal_Barbell[i] <- 1
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, 2:40] <- df_Portfolio_Atual_Quantidades[i, 2:40] +
(Financeiro_Atual / df_Info_Simulacao$Nro_Vencimentos_Existentes[i]) /
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40]))
df_Portfolio_Atual_Quantidades[df_Portfolio_Atual_Quantidades==Inf] <- 0
df_Portfolio_Atual_Financeiro[i,2:40] <-
as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40]))

```

```

df_Delta_Acoes[i, 2:40] <- df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40] -
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40] for (j in 2 : 40){
# Calcula Dias Investidos
if (df_Delta_Acoes[i, j] > 0 && df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] ==0){
df_Dias_Investidos[i,j] <- 1} else if(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] !=0){
df_Dias_Investidos[i,j] <- df_Dias_Investidos[i - 1,j] + 1}
# Calcula IR
if (Calcular_IR == 1){ if (df_Delta_Acoes[i, j] < 0){if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 126){
df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.225 * df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] -
df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])
} else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 126 && df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 252){
df_IR[i, j]<-df_IR[i, j] + 0.20 * df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] -
df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])
} else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 252 && df_Dias_Investidos[i - 1,j] <= 504){
df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.175 * df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] -
df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])
} else if (df_Dias_Investidos[i - 1,j] > 504){
df_IR[i, j]<- df_IR[i, j] + 0.15 * df_Delta_Acoes[i, j] * (df_Compras_Ajustado[i - 1,j] -
df_Compras_Ajustado[i - df_Dias_Investidos[i - 1,j],j])}} }if(df_Delta_Acoes[i,j] < 0){
# Se Delta de ações é negativo, título é vendido pelo preço do BID (Compra)
if (i == 52){df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])))
} else if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,j] == 0){
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j]))) } else {
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, j])))
} } else {
# Se Delta de ações é positivo, título é comprado pelo preço do ASK (Venda)
if (i == 52){
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, j])))
} else if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,j] == 0){
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, j])))
} else {
df_PnL_Trades[i,j] <- as.numeric(as.character(df_Delta_Acoes[i,j])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, j])) -
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i - 1, j]))) } } }
df_Info_Simulacao$P_L[i] <- df_Info_Simulacao$P_L[i - 1]+
sum(as.numeric(as.character(df_IR[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(as.character(df_PnL[i,2:40]))) +
sum(as.numeric(df_PnL_Trades[i,2:40]))} else {
df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40] <- df_Portfolio_Atual_Quantidades[i - 1,2:40]

```

```

df_Portfolio_Atual_Financeiro[i,2:40] <-
as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
as.numeric(as.character(df_Vendas_Ajustado[i, 2:40]))
df_PnL[i,2:40] <- as.numeric(as.character(df_Portfolio_Atual_Quantidades[i,2:40])) *
(as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i, 2:40])) -
as.numeric(as.character(df_Compras_Ajustado[i - 1, 2:40])))
df_Info_Simulacao$PL[i] <- df_Info_Simulacao$PL[i - 1]+
sum(as.numeric(as.character(df_IR[i,2:40]))) +sum(as.numeric(as.character(df_PnL[i,2:40])))
# Atualiza Dias Investidos
for (j in 2 : 40){if (df_Portfolio_Atual_Quantidades[i-1,j] !=0){df_Dias_Investidos[i,j] <-
df_Dias_Investidos[i - 1,j] + 1}}}}
write.table(df_Info_Simulacao, "LADDER.txt", sep="\t")

```