

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA de PÓS-GRADUAÇÃO em ECONOMIA

Henrique do Valle Greppe

Utilização do Instrumento Derivativo
DAP para Formação de Diferentes
Estratégias de Investimentos

Rio de Janeiro
2020

Henrique do Valle Greppe

Utilização do Instrumento Derivativo DAP para Formação de Diferentes Estratégias de Investimentos

Utilização do Instrumento Derivativo DAP
para Formação de Diferentes Estratégias
de Investimentos

Área de concentração: Finanças

Orientador: Gustavo Silva Araujo

Rio de Janeiro
2020

Grepe, Henrique do Valle
Utilização do instrumento derivativo DAP para formação de diferentes
estratégias de investimentos / Henrique do Valle Grepe. – 2020.
45 f.

Dissertação (mestrado) - Fundação Getulio Vargas, Escola Brasileira
de Economia e Finanças.

Orientador: Gustavo Silva Araújo
Inclui bibliografia.

1. Derivativos (Finanças). 2. Mercado futuro. 3. Taxa de juros.
4. Índice nacional de preços ao consumidor amplo. I. Araujo, Gustavo Silva. II.
Fundação Getulio Vargas Escola Brasileira de Economia e Finanças. III. Título.

CDD – 332.632

HENRIQUE DO VALLE GREPPE

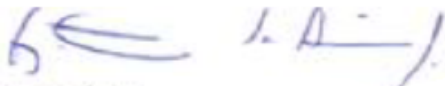
“UTILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO DERIVATIVO DAP PARA FORMAÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE INVESTIMENTOS”.

Dissertação apresentado (a) ao Curso de Mestrado Profissional em Economia Empresarial e Finanças do(a) EPGE Escola Brasileira de Economia e Finanças - FGV EPGE para obtenção do grau de Mestre(a) em Economia.

Data da defesa: 10/12/2020

ASSINATURA DOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Presidente da Comissão Examinadora: Prof^o Gustavo Silva Araujo



Gustavo Silva Araujo
Orientador



Edson Daniel Lopes Gonçalves
Membro Interno



José Valentim Machado Vicente
Membro Externo

Nos termos da Lei nº 13.979 de 06/02/20 - DOU nº 27 de 07/02/20 e Portaria MEC nº 544 de 16/06/20 - DOU nº 114 de 17/06/20 que dispõem sobre a suspensão temporária das atividades acadêmicas presenciais e a utilização de recursos tecnológicos face ao COVID-19, as apresentações das defesas de Tese e Dissertação, de forma excepcional, serão realizadas de forma remota e síncrona, incluindo-se nessa modalidade membros da banca e discente.



Ricardo de Oliveira Cavalcanti
Coordenador



Antonio de Araujo Freitas Junior
Pró-Reitor de Ensino, Pesquisa e Pós-Graduação FGV

Antonio Freitas, PhD
Pró-Reitor de Ensino, Pesquisa e Pós-Graduação
Fundação Getúlio Vargas

Instrução Normativa nº 01/19, de 09/07/19 - Pró-Reitoria FGV

Em caso de participação de Membro(s) da Banca Examinadora de forma não-presencial*, o Presidente da Comissão Examinadora assinará o documento como representante legal, delegado por esta I.N.

*Skype, Videoconferência, Apps de vídeo etc

Agradecimentos

À toda minha família, em especial meus pais, José Carlos e Leila, e minha irmã, Fernanda, pelo amor e apoio em todos momentos e decisões importantes da minha vida.

À minha noiva, Júlia, pelo amor, companheirismo e compreensão ao longo de todo curso.

Ao meu orientador, Gustavo Araujo, pelo seu tempo e dedicação empenhados neste trabalho.

Resumo

Dado o histórico inflacionário brasileiro, os títulos públicos indexados ao IPCA, as NTN-Bs, possuem alta representatividade na dívida do país e, conseqüentemente, alta liquidez. Tanto a NTN-B quanto o Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP), derivativo negociado na B3, negociam o Cupom de IPCA e, por isso, o DAP é um instrumento de *hedge* poderoso para as NTN-Bs. Uma vez que a literatura sobre o DAP é extremamente escassa, este trabalho visa preencher esta lacuna, auxiliando os agentes de mercado na correta precificação e estruturação de operações utilizando DAP concomitantemente com outros instrumentos disponíveis no mercado brasileiro.

O Cupom de IPCA é uma aproximação da taxa de juros real quando consideramos o IPCA como inflação. Este trabalho também explora a diferença entre o Cupom de IPCA e a taxa de juros real, uma vez que existe defasagem entre a apuração do IPCA, que é feita do primeiro ao último dia do mês correspondente, e sua divulgação pelo IBGE, no mês posterior.

Inicialmente, foram apresentados os conceitos de *duration*, *modified duration*, *Forward Rate Agreement* (FRA), além dos conceitos e metodologia de precificação do Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP), do Contrato Futuro de DI de um dia (DI1), do *Swap* DI x IPCA, do *Swap* DI x Pre, das Letras do Tesouro Nacional (LTNs), das Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-Bs) e da inflação implícita. Posteriormente, utilizando-se o DAP e outros instrumentos, são apresentadas estruturas de investimentos que possibilitam a intermediação financeira, a compra ou venda da inflação implícita, da taxa real *forward*, da inclinação da curva de juros reais, além da compra de NTN-B sintética e da troca de ativos indexados ao IPCA para DI ou para prefixados. Ao longo de todo este trabalho são apresentados exemplos práticos, nos quais fica claro que existem especificidades que devem ser tratadas ou simplificadas na construção das operações.

Palavras-chave: Derivativos, Contrato Futuro, DAP, Cupom de IPCA, Taxa de Juros Real

Abstract

Given the Brazilian inflationary history, government bonds indexed to the IPCA, the NTN-Bs, have a high share in the country's debt and, consequently, high liquidity. Both the NTN-B and the IPCA Coupon Futures Contract (DAP), a derivative traded at B3, negotiate the IPCA Coupon and, therefore, the DAP is a powerful hedge instrument for NTN-Bs. Since the literature on DAP is extremely scarce, this work aims to fill this gap, assisting market agents in the correct pricing and structuring of transactions using DAP concomitantly with other instruments available in the Brazilian market.

The IPCA Coupon is an approximation of the real interest rate when we consider the IPCA as inflation. This paper also explores the difference between the IPCA Coupon and the real interest rate, since there is a lag between the calculation of the IPCA, which is made from the first to the last day of the corresponding month, and its disclosure by the IBGE, in the following month.

Initially, the concepts of duration, modified duration, Forward Rate Agreements (FRA) were presented, in addition to the concepts and pricing methodology of the IPCA Coupon Futures Contract (DAP), of the one-day DI Futures Contract (DI1), of the Swap DI x IPCA, Swap DI x Pre, National Treasury Bills (LTNs), National Treasury Notes Series B (NTN-Bs) and implicit inflation. Subsequently, using DAP and other instruments, investment structures are presented that enable financial intermediation, buying or selling implied inflation, the real forward rate, the slope of the real interest curve, in addition to the purchase of Synthetic NTN-B and the exchange of assets indexed to the IPCA for DI or for fixed rate. Throughout this work, practical examples are presented, in which it is clear that there are specificities that must be addressed or simplified in the construction of operations.

Keywords: Derivatives, Future Contract, DAP, IPCA Coupon, Real Interest Rate

Lista de Tabelas

2.1	Projeções Mediana IPCA Focus Top 5 Curto Prazo	25
2.2	Distribuição da Inflação Implícita	25

Sumário

1	Introdução	9
2	Conceitos e Precificação de Instrumentos de Renda Fixa	12
2.1	LTN: Letras do Tesouro Nacional	12
2.2	NTN-B: Notas do Tesouro Nacional Série B	13
2.3	DI1: Contrato Futuro de DI de um dia	14
2.4	Swap DI x Pre	15
2.5	DAP: Contrato Futuro de Cupom de IPCA	16
2.6	Swap DI x IPCA	18
2.7	<i>Duration</i> e <i>Modified Duration</i>	19
2.8	FRA: <i>Forward Rate Agreement</i>	20
2.9	Inflação Implícita	20
3	Estruturas de Investimentos	26
3.1	DAP Como Instrumento de <i>Hedge</i> Para Troca de Indexador de Ativos Indexados ao IPCA	26
3.1.1	Troca do Indexador de Ativo Indexado ao IPCA Para o DI	26
3.1.2	Troca do Indexador de Ativo Indexado ao IPCA Para Prefixado	29
3.2	Inflação Implícita	30
3.2.1	Inflação Implícita com <i>Swap</i> DI x Pre + DAP	30
3.2.2	Inflação Implícita com DI1 + DAP	32
3.2.3	Inflação Implícita com LTN + DAP	34
3.3	NTN-B Sintética	36
3.4	Taxas <i>Forward</i>	37
3.4.1	<i>Forward Rate Agreement</i>	37
3.4.2	Inclinação da Curva de Juros Reais	38
3.5	Intermediação Financeira	40
3.6	Especulação Sobre Cupom de IPCA (Com Ajustes Diários)	41
4	Conclusão	43
	Referências Bibliográficas	45

Capítulo 1

Introdução

Os primeiros títulos indexados à inflação foram emitidos pelo Reino Unido, em 1981, de acordo com [Christensen et al. \(2018\)](#). Por óbvio, estes tipos de títulos possuem uma defasagem de indexação, uma vez que só é possível corrigi-los pela inflação ocorrida após sua divulgação pelo órgão responsável de cada país e esses órgãos não divulgam diariamente. No Reino Unido, por exemplo, até 2015, a defasagem de indexação era de oito meses, quando foi, então, reduzida para três, assim como em diversos países. Estes títulos pagam a taxa de juro real mais a variação da inflação no período, protegendo, assim, o poder de compra de seu detentor.

As Notas do Tesouro Nacional Série B, ou simplesmente NTN-Bs, são títulos públicos federais brasileiros, os quais são indexados ao Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA¹), apurado e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e têm como taxa negociada o Cupom de IPCA, que é uma aproximação da taxa de juros real². Em dezembro de 2010, a parcela destes títulos na Dívida Pública Federal brasileira em poder do público era de 22,08%, já ao final de 2014, sua participação alcançou 31,09%, diminuindo para 24,9% em setembro de 2020. Apesar de em 2014 já existir, o Contrato Futuro de Cupom de IPCA, também chamado de DAP, tinha muitas características distintas das NTN-Bs, dificultando o seu uso para hedge. Em consequência, a liquidez do produto era mínima. Desta forma, a B3 S.A. (então BM&FBOVESPA), visando atender uma demanda do mercado por hedge das posições em NTN-Bs, relançou em 01 de junho de 2015 o DAP, com características de precificação as mais próximas possíveis do título público, além de ter vencimentos que coincidem com os das NTN-Bs, em maio e agosto.

Desde então, também o mercado de crédito privado se desenvolveu e cresceu bastante no Brasil, com aumento significativo de emissões de debêntures indexadas ao IPCA, por exemplo. A demanda por hedge destes tipos de papéis também foi atendida pelo DAP. Como consequência, o DAP contribuiu para o aumento da liquidez das Debêntures indexadas ao IPCA.

Além dos vencimentos em maio e agosto, o DAP também tem vencimentos nos três meses subsequentes ao dia de negociação, facilitando operar a inflação implícita de curto-prazo, uma vez que é possível ficar comprado em Cupom de IPCA, algo que nem todos os participantes do mercado tinham acesso anteriormente.³ Entretanto, cabe ressaltar que o IPCA é apurado mensalmente, porém divulgado até o dia 15 do mês posterior. Por este motivo, as NTN-Bs assim como DAPs vencem no décimo quinto dia do mês, porém são corrigidos pela inflação até o mês anterior. Por exemplo, suponha que em 15/04/2019 um investidor adquira uma NTN-B e a mantenha até seu vencimento, em 15/05/2019. Neste caso, a correção do título será o IPCA entre 01/04/2019 e

¹O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo é a inflação medida pelo IBGE para famílias com renda entre 1 e 40 salários mínimos.

²No curto prazo, há diferença entre a taxa de juros real e o cupom de IPCA. Tal diferença será vista na seção 2.9.

³Antes do DAP, ficar vendido em NTN-B, que é o mesmo que ficar comprado em cupom de IPCA, era uma operação restrita a alguns participantes do mercado.

30/04/2019. Consequentemente, as taxas da NTN-B e do DAP não refletem exatamente o juro real do período (e isso é mais evidente no curto prazo). Para tratar deste tema, este trabalho apresenta metodologia proposta por [Araujo e Vicente \(2018\)](#), que trata desta defasagem de 15 dias, não desprezando a sazonalidade e as informações correntes acerca da inflação.

Também com o advento do DAP, é possível estruturar posições Forward Rate Agreement de juros real e de inflação implícita e inclinação da curva de juros real pela facilidade de ficar comprado em taxa de juro real.

Em 2015 a liquidez do DAP começou a aumentar. Uma razão significativa foi o fato do Conselho Monetário Nacional (CMN) ter editado a Resolução 4.444, que instituiu que os ativos de renda fixa das Entidades Abertas de Previdência Complementar (EAPCs) e de seguradoras, detentores de parcela bastante expressiva da dívida brasileira, deveriam ter Prazo Médio de Repactuação (PRC) de, no mínimo, dois anos. Para se adequarem a esta norma, os fundos das EAPCs e seguradoras tinham obrigação de possuírem ativos, na maioria das vezes não desejados, para alongar seu prazo médio, exceto os indexados ao CDI, uma vez que seu PRC é de um dia. Uma vez que os derivativos não contam para o PRC, estes entes optaram por realizar operações casadas, a fim de se hedgear e alterar a indexação do ativo para pós-fixado, atrelado ao DI. Com isso, houve grande demanda pelo DAP, já que eram adquiridas NTN-Bs junto com a compra de DAP para o hedge, transformando a NTN-B em pós-fixada à taxa DI⁴. Em 2018, o CMN revogou o requisito mínimo do PRC, porém o DAP ainda é muito utilizado para operações casadas com NTN-Bs.

Em dezembro de 2015, seis meses após o relançamento do derivativo, havia 3.960 contratos em aberto na bolsa brasileira. Já em julho de 2019 havia 496.693, um aumento exponencial, o que evidencia o potencial do DAP. Apesar do aumento de liquidez bastante significativo, ainda falta literatura sobre o tema, que é relativamente novo. Este trabalho visa preencher esta lacuna. Desta forma, o objetivo deste trabalho é desvendar as principais estratégias utilizadas pelos agentes de mercado tanto para hedge como para especulação sobre Juro Real no mercado brasileiro.

Em contraste ao Brasil, nos mercados desenvolvidos, especificamente Estados Unidos, Alemanha e Reino Unido, não existem Contratos Futuros cujo ativo objeto seja a taxa negociada em títulos indexados ao índice de inflação local. Tal fato decorre de haver limitantes idiossincráticos de cada mercado ou da baixa liquidez dos títulos indexados, uma vez que são países estáveis, com baixo risco de descontrole inflacionário. Por este motivo, a literatura internacional sobre o tema deste trabalho é bastante escassa.

Este trabalho está dividido da seguinte forma: o capítulo 2 consiste no referencial teórico necessário para estruturação das estratégias com uso de DAP. Nele, são apresentados diversos instrumentos como o Contrato Futuro de DI de um dia (DI1), Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP), Letras do Tesouro Nacional (LTN) e Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B), juntamente com suas características, cálculo dos preços e, caso aplicável, dos ajustes diários. Além disso, são apresentados conceitos e cálculos da Duration, Forward Rate Agreement (FRA) e Inflação Implícita. Para cada item, é apresentado um exemplo prático. No capítulo 3, são apresentadas diferentes estratégias de investimento com uso do DAP somente e também em conjunto com outros instrumentos. Como exemplo de estratégias podemos citar a compra ou venda de inflação implícita que utiliza o DAP com LTN ou com DI1, a taxa real forward com utilização apenas do DAP, a mudança de indexação da NTN-B de IPCA para DI que utiliza a NTN-B e o DAP, entre outros. Também neste capítulo, são feitos exemplos práticos para cada estratégia. Por fim, o capítulo 4 trata da conclusão.

⁴O risco é a diferença da taxa de juros entre a NTN-B e o DAP aumentar, diminuindo a rentabilidade ou até mesmo gerando prejuízo na operação. Porém, este risco é muito menor do que a posição apenas em NTN-B.

Uma vez que a literatura sobre o DAP é quase escassa, por se tratar de um instrumento relativamente novo, a metodologia adotada para a construção das operações se baseou em conversas com diversos gestores de fundos, adotando-se assim o que é praticado de fato no mercado brasileiro.

Capítulo 2

Conceitos e Precificação de Instrumentos de Renda Fixa

O mercado de Renda Fixa no Brasil dispõe de diversos instrumentos, seja no mercado a vista, futuro ou de opções. Estes ativos podem ser negociados em bolsa ou em balcão, necessitar de desembolso de caixa para aquisição dos mesmos ou apenas de margem de garantia. No caso de derivativos, os ajustes dos preços podem ser diários ou apenas no vencimento. Como exemplo, é possível negociar a taxa prefixada tanto através de títulos públicos, como é o caso da Letras do Tesouro Nacional (LTN), do Swap DI x Pre ou do Contrato Futuro de DI de um dia (DI1). Também pode-se negociar a taxa de juros real através de títulos públicos, como as Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B), do Swap DI x IPCA ou do Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP). Nesta seção vamos apresentar, além do Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP), produtos financeiros que podem ser utilizados em estratégias envolvendo o próprio DAP, suas características e como precificá-los.

2.1 LTN: Letras do Tesouro Nacional

As Letras do Tesouro Nacional são títulos públicos emitidos pela Secretaria de Tesouro Nacional do Brasil. Estes títulos pagam taxa de juros prefixada nominal. Seu valor nominal é R\$1.000,00. Tais títulos não pagam cupons.

$$Preço = \frac{1.000}{(1+TIR)^{DU/252}}, \text{ onde:}$$

TIR é a taxa de juros nominal negociada da LTN correspondente, DU é o número de dias úteis entre o a data da transação e o vencimento do título¹.

EXEMPLO 2.1:

Em 09/09/2019 a LTN com vencimento em 01/01/2022 era negociada a uma taxa de 6,19% a.a.

Neste caso, como 01/01/2022 não é um dia útil, devemos utilizar o dia útil exatamente posterior², logo DU é o número de dias úteis entre 09/09/2019 e 03/01/2022, que é 582. Deste modo, o preço da LTN será:

$$Preço = \frac{1.000}{(1+TIR)^{DU/252}} = \frac{1.000}{(1+6,19\%)^{582/252}} = R\$870,48092$$

¹No caso de dia não útil, o próximo dia útil.

²Como 02/01/2022 é domingo, o dia útil posterior é 03/01/2022.

2.2 NTN-B: Notas do Tesouro Nacional Série B

As Notas do Tesouro Nacional Série B são títulos públicos emitidos pela Secretaria de Tesouro Nacional do Brasil. Estes títulos pagam uma parcela prefixada mais a variação do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), medido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tais títulos pagam cupons semestrais³ de 6% ao ano e vencem em 15 de agosto, se o vencimento ocorre em ano par, ou 15 de maio, se o vencimento ocorre em ano ímpar.

O Valor Nominal Atualizado da NTN-B, ou VNA⁴, é atualizado mensalmente, de acordo com a variação do IPCA do mês exatamente anterior à data de sua divulgação, no dia 15 de cada mês, pela ANBIMA⁵. A divulgação do VNA é apenas no dia 15 pois o IBGE divulga o IPCA até o dia 15 do mês posterior à sua apuração. Por este motivo, entre os dias 15 de cada mês a precificação da NTN-B é feita utilizando-se o VNA projetado, de acordo com a inflação projetada e divulgada pela ANBIMA, conforme abaixo:

$$VNA_{proj} = VNA \times (1 + IPCA_{proj})^{DU_1/DU_2}, \text{ onde:}$$

$IPCA_{proj}$ é a projeção do IPCA divulgada pela ANBIMA, DU_1 é o número de dias úteis entre o último dia 15 e a data da transação da NTN-B e DU_2 é o número de dias úteis entre último e próximo dia 15.⁶

A Cotação pode ser interpretada como o percentual do valor presente do fluxo de pagamentos do título, de acordo com:

$$Cotação = \sum_{i=1}^n \frac{(1+6\%)^{1/2}-1}{(1+TIR)^{DU_i/252}} + \frac{1}{(1+TIR)^{DU_n/252}}$$

Onde TIR é a Taxa Interna de Retorno negociada da NTN-B correspondente (em Cupom de IPCA), DU_i é o número de dias úteis entre a data de cálculo do preço e o fluxo de pagamento correspondente e DU_n é o número de dias úteis entre a data de cálculo do preço e o vencimento do título.

A precificação da NTN-B é feita através dos casos abaixo:

- i Caso a data do cálculo seja dia 15:

$$Preço = VNA \times Cotação$$

- ii Caso a data do cálculo seja diferente do dia 15:

$$Preço = VNA_{proj} \times Cotação$$

EXEMPLO 2.2:

Em 03/09/2019 a taxa negociada da NTN-B, o Cupom de IPCA, com vencimento em 15/05/2021 era 2,06% a.a. e a inflação projetada pela ANBIMA para o mês de agosto era 0,13% a.m. O VNA do IPCA em 15/08/2019 era R\$ 3235,547683.

Devido ao dia de cálculo do preço ser diferente do dia 15, devemos calcular o VNA projetado, de acordo com:

³Caso o ano de vencimento da NTN-B seja par, o pagamento do cupom semestral ocorre em 15 de fevereiro e 15 de agosto, caso o ano de vencimento seja em ano ímpar, o pagamento ocorre em 15 de maio e 15 de novembro. Caso a data de pagamento do cupom seja dia não útil, considera-se o dia útil exatamente posterior à data.

⁴O VNA da NTN-B foi fixado em R\$ 1.000,00 em 15/07/2000.

⁵ANBIMA é a Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros e de Capitais.

⁶No caso de dia não útil, o próximo dia útil.

DU_1 é o número de dias úteis entre 15/08/2019 e 03/09/2019 que é 13

DU_2 é o número de dias úteis entre 15/08/2019 e 15/09/2019 que é 22

$$VNA_{proj} = VNA \times (1 + IPCA_{proj})^{DU_1/DU_2} = R\$ 3235,547683 \times (1 + 0,13\%)^{13/22} = R\$ 3238,032511$$

Esta NTN-B pagará cupom em 15/11/2019, 15/05/2020, 15/11/2020 além de cupom mais VNA em 15/05/2021. Portanto:

$$Cotação = \sum_{i=1}^n \frac{(1+6\%)^{1/2}-1}{(1+TIR)^{DU_i/252}} + \frac{1}{(1+TIR)^{DU_n/252}} = \frac{(1+6\%)^{1/2}-1}{(1+2,06\%)^{53/252}} + \frac{(1+6\%)^{1/2}-1}{(1+2,06\%)^{175/252}} + \frac{(1+6\%)^{1/2}-1}{(1+2,06\%)^{302/252}} + \frac{(1+6\%)^{1/2}-1}{(1+2,06\%)^{426/252}} + \frac{1}{(1+2,06\%)^{426/252}} = 108,2111\%$$

Logo, o preço da NTN-B será:

$$Preço = VNA_{proj} \times Cotação = R\$ 3238,032511 \times 108,2111\% = R\$ 3503,910598$$

2.3 DI1: Contrato Futuro de DI de um dia

O Contrato Futuro de DI de 1 dia (DI1) é um derivativo de taxa de juros, negociado em bolsa, que tem como ativo-objeto a taxa média diária dos Depósito Interfinanceiros de um dia (DI), apurada e divulgada pela B3, compreendida entre a data de liquidação, inclusive, e a de vencimento, exclusive.

Por se tratar de Mercado Futuro, não há necessidade de desembolso de caixa, apenas margem de garantia, e o ajuste de posições se dá diariamente. Por este motivo, caso o investidor carregue o contrato até o vencimento, o valor recebido ou pago se dará pela soma dos ajustes diários, que são relacionados à diferença entre a taxa de juros contratada no momento da liquidação e a taxa do Depósito Interfinanceiro (DI) realizada no período. Além disso, a posição é encerrada efetuando a ponta contrária, ou seja, se o investidor estiver comprado em taxa, para encerrar a posição ele deve vender taxa e vice-versa.

Sendo assim, sabendo-se que t é a data de ajuste de posição, podemos definir o Fator de Correção do DI1 quando houver:

- i) um dia útil entre a última sessão de negociação e o dia de ajuste, da seguinte forma:

$$F_c = (1 + DI_{t-1})^{1/252}$$

- ii) mais de um dia útil entre a última sessão de negociação e o dia de ajuste⁷.

$$F_c = \prod_{j=1}^n (1 + DI_{t-j})^{1/252}, \text{ onde } n \text{ é o número de dias úteis entre a última sessão de negociação e o dia de ajuste.}$$

O preço unitário⁸ em pontos de cada contrato será:

$$PU = \frac{100.000}{(1+Taxa)^{\frac{DU}{252}}}$$

Cada ponto equivale a R\$1,00, portanto:

$$Preço \text{ do Contrato} = PU \times R\$1,00$$

⁷Em alguns feriados, como Revolução Constitucionalista em São Paulo, não há sessão de negociação na B3 porém o DI é apurado.

⁸De acordo com a fórmula, é possível notar que o PU é inversamente relacionado à taxa negociada no DI1. Portanto, se o investidor compra taxa, está vendendo o PU e vice-versa.

EXEMPLO 2.3:

Em 09/09/2019 um investidor abre uma posição comprando 5 Contratos Futuros de DI vencendo em 01/01/2023, a uma taxa 6,4% a.a., e a encerra vendendo os contratos em 10/09/2019, a uma taxa de 6,45% a.a., sendo o DI efetivo 5,9% a.a. Além disso, a taxa de ajuste deste contrato em 09/09/2019, divulgada pela B3, foi 6,42% a.a.

O preço de cada contrato que o investidor comprar a taxa em 09/09/2019, ou seja, que abrir a posição será:

$$PU_{09/09/2019} = \frac{100.000}{(1+Taxa)^{\frac{DU}{252}}} = \frac{100.000}{(1+6,4\%)^{\frac{883}{252}}} = 81.459,727327, \text{ em que DU é o número de dias úteis entre 09/09/2019 e 02/01/2023 que é igual a 883.}$$

$$Preço_{09/09/2019} \text{ do Contrato} = PU \times R\$1,00 = R\$81.459,727327$$

Como a taxa de ajuste em 09/09/2019, divulgada pela B3, foi 6,42% a.a., então o preço de ajuste do contrato e o ajuste de posições neste dia será:

$$PU_{ajuste09/09/2019} = \frac{100.000}{(1+6,42\%)^{\frac{883}{252}}} = 81.409,133205$$

$$Preço_{ajuste09/09/2019} \text{ do Contrato} = 81.409,133205 \times R\$1,00 = R\$81.409,133205$$

Portanto, o investidor comprou 5 contratos ao preço de R\$81.459,727327 e o preço de ajuste deste dia foi R\$81.409,133205, então o ajuste de posições diário será:

$$Ajuste_{09/09/2019} = 5 \times (Preço_{09/09/2019} - Preço_{ajuste09/09/2019}) = 5 \times (R\$81.459,727327 - R\$81.409,133205) = R\$252,97, \text{ ou seja, será creditado na conta do investidor este valor.}$$

Já em 10/09/2019, o investidor encerrou a posição, ou seja, vendeu 5 contratos a taxa de 6,45% a.a. Neste dia, a posição é aberta com o preço do ajuste do dia anterior, corrigido pelo fator de correção, conforme abaixo:

$$F_c = (1 + DI_{t-1})^{1/252} = (1 + 5,9\%)^{1/252} = 1,000227506$$

$$Preço_{09/09/2019} \text{ corrigido} = Preço_{09/09/2019} \times F_c = R\$81.409,133205 \times 1,000227506 = R\$81.427,654296$$

O preço do contrato com a taxa que o investidor vendeu, de 6,45% a.a. é:

$$PU_{10/09/2019} = \frac{100.000}{(1+6,45\%)^{\frac{882}{252}}} = 81.353,494875$$

$$Preço_{10/09/2019} \text{ do Contrato} = 81.353,494875 \times R\$1,00 = R\$81.353,494875$$

Logo, o ajuste de posições em 10/09/2019 será:

$$Ajuste_{10/09/2019} = 5 \times (Preço_{09/09/2019} \text{ corrigido} - Preço_{10/09/2019}) = 5 \times (R\$81.427,654296 - R\$81.353,494875) = R\$370,80, \text{ ou seja, será creditado na conta do investidor este valor.}$$

2.4 Swap DI x Pre

O Swap DI x Pre é um derivativo negociado em balcão. Assim como o DI1, o ativo-objeto é a taxa média de depósitos interfinanceiros de um dia (DI), apurada pela B3.

Assim como todo Swap, existe uma troca de taxas que incide sobre um montante. No caso do Swap DI x Pre, uma das partes paga a taxa DI e recebe uma taxa prefixada. Por outro lado, a outra parte recebe a taxa DI e paga uma taxa prefixada.

EXEMPLO 2.4:

Em 11/11/2019 uma empresa possuía uma dívida de R\$1.000.000,00 indexada ao DI, com vencimento em um ano, ao mesmo tempo que possuía recebimentos em um ano no mesmo montante, porém indexados a uma taxa prefixada de 5,4% a.a. Como estratégia, a empresa decide realizar um hedge para que o indexador de seus recebimentos seja o mesmo de sua dívida. Neste dia, a taxa do swap com vencimento em um ano era 5,4% a.a.

Neste caso, a empresa fez um Swap DI x Pre transformando sua dívida indexada ao DI em prefixada, ou seja, no Swap ela recebe DI e paga taxa prefixada. Supondo que um ano depois o DI realizado tenha sido 5,5% no período, então temos:

$$\text{Dívida} = - \text{R\$ } 1.000.000,00 \times (1+5,5\%) = - \text{R\$ } 1.055.000,00$$

$$\text{Recebimentos} = \text{R\$ } 1.000.000,00 \times (1+5,4\%) = \text{R\$ } 1.054.000,00$$

Ou seja, há um prejuízo de - R\$ 1.000,00 entre sua dívida e seus recebimentos com vendas. O resultado do hedge será:

$$\text{Valor Recebido do Swap} = \text{R\$ } 1.000.000,00 \times (1+5,5\%) = \text{R\$ } 1.055.000,00$$

$$\text{Valor Pago do Swap} = - \text{R\$ } 1.000.000,00 \times (1+5,4\%) = - \text{R\$ } 1.054.000,00$$

Portanto, como no Swap o ajuste de posição se faz pela diferença do valor a pagar e a receber, o resultado do Swap foi positivo para a empresa em R\$ 1.000,00. O Fluxo de Caixa Líquido (FCL) desta operação foi:

$$\text{FCL} = - \text{R\$ } 1.055.000,00 + \text{R\$ } 1.054.000,00 + \text{R\$ } 1.000,00 = \text{R\$ } 0,00$$

Conclui-se que o hedge foi bem sucedido.

2.5 DAP: Contrato Futuro de Cupom de IPCA

O Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP) é um derivativo negociado na B3, que tem como ativo-objeto uma aproximação da taxa de juros real. Precisamente, o ativo-objeto é a diferença entre a taxa média de depósitos interfinanceiros de um dia (DI), apurada pela B3, entre a data da transação até o vencimento e a inflação medida pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de quinze dias corridos antes da data de transação e 15 dias corridos antes do vencimento do contrato, calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por haver este descasamento entre o DI e o IPCA apurados é que se negocia o Cupom de IPCA e não efetivamente o juros real.

O Fator de Correção utilizado para se calcular o ajuste diário de posições é calculado de acordo com:

$$F_{c_t} = \frac{(1+DI_{t-1})^{(1/252)}}{\frac{PRT_t}{PRT_{t-1}}}$$

Onde:

$PRT_t = (1 + IPCA_{proj_t})^{DU_1/DU_2} \times PRT_{15}$ é o Índice IPCA Pró-rata Tempore, no qual PRT_{15} é o Índice IPCA⁹ do último dia 15, $IPCA_{proj_t}$ é a projeção do IPCA divulgada pela ANBIMA válida para t, DU_1 é o número de dias úteis entre o último dia 15 e a data da transação e DU_2 é o número de dias úteis entre último e próximo dia 15.¹⁰

⁹O Índice IPCA foi fixado em 100 em dezembro de 1993. É atualizado de acordo com a variação do IPCA e divulgado até o dia quinze de cada mês pelo IBGE.

¹⁰No caso de dia não útil, o próximo dia útil.

O preço em pontos do contrato é:

$$PO_t = \frac{100.000}{(1+Cupom_{IPCA})^{\frac{n}{252}}}, \text{ onde:}$$

$Cupom_{IPCA}$ é a taxa negociada no DAP e n é o número de dias úteis entre a data da transação e o vencimento do contrato.

Como o preço do contrato é atualizado pelo IPCA e cada ponto equivale a R\$0,00025, temos que o preço de cada contrato é:

$$PU_t = PO_t \times PRT_t \times 0,00025^{11}$$

EXEMPLO 2.5:

Em 25/09/2019 um investidor abre uma posição vendendo 5 Contratos Futuros de Cupom de IPCA (DAP) vencendo em 15/08/2022, a uma taxa de 1,96% a.a. e a encerre comprando em 26/09/2019, a uma taxa de 1,94% a.a., sendo o DI efetivo para o período 5,4% a.a., a inflação projetada pela ANBIMA para o mês de setembro era 0,03% e o Índice IPCA de agosto, divulgado em 15/09/2019 pelo IBGE era 5229,93.

Para o cálculo do Índice IPCA Pró Rata Tempore em 25/09/2019, temos que:

DU_1 é o número de dias úteis entre 16/09/2019 (como 15/09/2019 não foi dia útil, considera-se o dia útil imediatamente posterior) e 25/09/2019, que é 7.

DU_2 é o número de dias úteis entre 16/09/2019 e 15/10/2019, que é 21.

Logo:

$$PRT_{25/09/19} = (1 + IPCA_{proj_{25/09/19}})^{DU_1/DU_2} \times PRT_{15} = (1 + 0,03\%)^{7/21} \times 5229,93 = 5230,45$$

Já para o cálculo do Índice IPCA Pró Rata Tempore em 26/09/2019, temos que:

DU_1 é o número de dias úteis entre 16/09/2019 (como 15/09/2019 não foi dia útil, considera-se o dia útil imediatamente posterior) e 26/09/2019, que é 8.

DU_2 é o número de dias úteis entre 16/09/2019 e 15/10/2019, que é 21.

Logo:

$$PRT_{26/09/19} = (1 + IPCA_{proj_{26/09/19}})^{DU_1/DU_2} \times PRT_{15} = (1 + 0,03\%)^{8/21} \times 5229,93 = 5230,53$$

O preço em pontos do contrato que o investidor abriu a posição vendendo a taxa de 1,96% é:

$$PO_{25/09/19} = \frac{100.000}{(1+Cupom_{IPCA})^{\frac{n}{252}}} = \frac{100.000}{(1+1,96\%)^{\frac{725}{252}}} = 94.568,72$$

O preço em pontos do ajuste em 25/09/2019, divulgado pela B3, é $PO_{ajuste_{25/09/19}} = 94.515,37$. Portanto, como o investidor abriu posição com 5 contratos, o ajuste de posições neste dia será:

$$Ajuste_{25/09/19} = 5 \times (PO_{ajuste_{25/09/19}} - (PO_{25/09/19}) \times PRT_{25/09/19} \times R\$ 0,00025 = 5 \times (94.515,37 - 94.568,72) \times 5230,45 \times R\$ 0,00025 = - R\$ 348,81$$

Ou seja, foi debitado da conta do investidor o valor de R\$ 348,81 referente à 25/09/2019.

Em 26/09/2019, para encerrar a posição, o investidor compra 5 contratos do DAP Q22¹² a taxa

¹¹O fator 0,00025 atua como redutor do valor nominal de cada contrato, possibilitando, assim, que mais agentes utilizem o instrumento, o que favorece o aumento da liquidez do DAP.

¹²Para todos contratos futuros negociados na B3, existe um código para cada mês de vencimento. Neste caso, Q se refere à agosto. Estes códigos podem ser consultados em <http://www.b3.com.br/>

de 1,94%. Então o preço em pontos que o investidor encerra a posição é:

$$PO_{26/09/19} = \frac{100.000}{(1+Cupom_{IPCA})^{\frac{n}{252}}} = \frac{100.000}{(1+1,94\%)^{\frac{724}{252}}} = 94.629,33$$

O Fator de Correção para o $PO_{ajuste_{25/09/19}}$ será:

$$F_{c_{26/09/19}} = \frac{(1+DI_{25/09/19})^{(1/252)}}{\frac{PRT_{26/09/19}}{PRT_{25/09/19}}} = \frac{(1+5,4\%)^{(1/252)}}{\frac{5230,53}{5230,45}} = 1,0001944$$

Finalmente, o ajuste de posições em 26/09/2019 ao encerrar o contrato será:

$$Ajuste_{26/09/19} = 5 \times (PO_{26/09/2019} - PO_{ajuste_{25/09/19}} \times F_{c_{26/09/19}}) \times PRT_{26/09/19} \times R\$ 0,00025 = 5 \times (94.629,33 - 94.515,37 \times 1,0001944) \times 5230,53 \times R\$ 0,00025 = R\$ 624,96$$

Ou seja, foi creditado na conta do investidor o valor de R\$ 624,96 em 26/09/2019.

2.6 Swap DI x IPCA

O Swap DI x IPCA é um derivativo negociado em balcão. Assim como o DAP, o ativo-objeto é a diferença entre a taxa média de depósitos interfinanceiros de um dia (DI), apurada pela B3, entre a data da transação até o vencimento e a inflação medida pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de quinze dias corridos antes da data de transação e quinze dias corridos antes do vencimento do contrato, calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No entanto, não há ajustes diários, ou seja, o ajuste é feito apenas no vencimento do contrato. Geralmente o vencimento do Swap ocorre no dia 15, com objetivo de incluir todo o IPCA do último mês.

Assim como todo Swap, existe uma troca de taxas que incide sobre um montante. No caso do Swap DI x IPCA, uma das partes paga a taxa DI e recebe o Cupom de IPCA mais a variação do IPCA no período. Por outro lado, a outra parte recebe a taxa DI e paga o Cupom de IPCA mais a variação do IPCA no período.

EXEMPLO 2.6:

Em 15/01/2019 uma empresa possuía uma dívida de R\$1.000.000,00 indexada ao IPCA mais 2% a.a. com vencimento em 15/01/2020, ao mesmo tempo que possuía recebimentos com suas vendas na mesma data e no mesmo montante, porém atrelados ao DI. Como estratégia, a empresa decide realizar um hedge para que o indexador de seus recebimentos seja o mesmo de sua dívida. Neste dia, o Cupom de IPCA com vencimento em 15/01/2020 era 2,0% a.a.

Neste caso, a empresa fez um Swap DI x IPCA transformando sua dívida indexada ao IPCA mais 2% a.a. em DI, ou seja, no Swap ela recebe IPCA mais o Cupom de IPCA e paga o DI. Suponha que o IPCA realizado entre 01/01/2019 e 01/01/2020 tenha sido 4,19% e o DI entre 15/01/2019 e 15/01/2020 tenha sido 5,89%. Sabendo que existem 253 dias úteis entre 15/01/2019 e 15/01/2020, então temos:

$$\text{Dívida} = - R\$ 1.000.000,00 \times (1 + 2,0\%)^{(253/252)} \times (1+4,19\%) = - R\$ 1.062.821,52$$

$$\text{Recebimentos com Vendas} = R\$ 1.000.000,00 \times (1+5,89\%) = R\$ 1.058.900,00$$

Ou seja, há um prejuízo de - R\$ 3.921,52 entre sua dívida e seus recebimentos com vendas. O resultado do hedge será:

Valor Recebido do Swap = R\$ 1.000.000,00 x $(1 + 2,0\%)^{(253/252)}$ x $(1 + 4,19\%)$ = R\$ 1.062.821,52

Valor Pago do Swap = - R\$ 1.000.000,00 x $(1 + 5,89\%)$ = - R\$ 1.058.900,00

Portanto, como no Swap o ajuste de posição se faz pela diferença do valor a pagar e a receber, o resultado do Swap foi positivo para a empresa em R\$ 3.921,52. Por fim, tem-se que o Fluxo de Caixa Líquido (FCL) desta operação é:

$$\text{FCL} = - \text{R\$ } 1.062.821,52 + \text{R\$ } 1.058.900,00 + \text{R\$ } 3.921,52 = \text{R\$ } 0,00$$

Pode-se concluir que o hedge foi bem sucedido.

2.7 Duration e Modified Duration

O conceito de *duration* é o prazo médio de vencimento de um título. Matematicamente, a *duration* é a média dos tempos para cada Fluxo de Caixa ponderada pelo valor presente de cada Fluxo de Caixa correspondente.

Além disto, a *duration* é uma ferramenta importante para a gestão de renda fixa, pois é também uma importante medida de sensibilidade de um título a pequenas variações paralelas nas taxas de juros. A seguir temos as fórmulas da *Duration* e *Modified Duration*¹³ :

1 Duration

$$\text{Duration} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i \times FC_i}{(1+TIR)^{t_i}}}{\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^{t_i}}}, \text{ onde:}$$

FC_i é o i -ésimo fluxo de caixa, $t_i = \frac{du_i}{252}$, em que du_i é o número de dias úteis entre a data de cálculo e o dia do i -ésimo fluxo de caixa, n é o número de fluxos de caixa e TIR é a Taxa Interna de Retorno do título.

2 Modified Duration

$$\text{Modified Duration} = \frac{\text{Duration}}{(1+TIR)}$$

Para pequenas variações na TIR de um título, temos que:

$$\frac{\Delta P}{P} \approx -\text{Modified Duration} \times \Delta TIR, \text{ onde } P \text{ é o preço do título.}$$

EXEMPLO 2.7:

Suponha que em 02/01/2019 um investidor compre uma NTN-F, com vencimento em 01/01/2020 a uma taxa prefixada de 6% a.a., correspondente ao PU de R\$ 1.036,653795. Sabe-se que esta NTN-F pagará cupom em 01/07/2019 (123 dias úteis) e 02/01/2020¹⁴ (253 dias úteis), no valor de R\$ 48,81. A *duration* da NTN-F em 02/01/2019 é:

$$\text{duration}_{NTN-F} = \frac{\frac{123}{252} X \frac{48,81}{(1+6\%)^{(123/252)}} + \frac{253}{252} X \frac{1.000,00+48,81}{(1+6\%)^{(253/252)}}}{1.036,653795} = 0,9804 \text{ ano}$$

Já a *duration* modificada é:

¹³Também conhecida como *Duration* Modificada.

¹⁴Por 01/01/2020 não ser dia útil, tanto o vencimento do título como o pagamento do cupom são feitos no dia útil subsequente, neste caso, em 02/01/2020.

$$\textit{duration modificada} = \frac{0,9804}{(1+6\%)} = 0,92 \text{ ano}$$

Supondo agora que este título tenha tido uma variação positiva na taxa de 0,02%, a variação percentual no seu preço é aproximadamente:

$$\frac{\Delta P}{P} \approx - 0,92 \times 0,02\% = - 0,0184\%$$

Por fim, a variação absoluta no preço do título é aproximadamente:

$$\Delta P \approx - 0,92 \times 0,02\% \times P = - \text{R\$ } 0,1907$$

2.8 FRA: *Forward Rate Agreement*

O *Forward Rate Agreement* (FRA) é a taxa entre duas datas futuras, diferentemente da taxa *spot* que é a corrente.

$$(1 + R_{t,S})^{DU_{t,S}/252} = (1 + R_{t,T})^{DU_{t,T}/252} \times (1 + F_{t,T;S})^{DU_{T,S}/252}, \text{ onde:}$$

t é a data atual e T e S são duas datas futuras em que $S > T$, $R_{t,S}$ é a taxa spot entre t e S, $R_{t,T}$ é a taxa spot entre t e T e $F_{t,T;S}$ é a taxa forward em t para o período entre T e S.

Manipulando a equação acima, temos:

$$(1 + F_{t,T;S})^{DU_{T,S}/252} = \frac{(1+R_{t,S})^{DU_{t,S}/252}}{(1+R_{t,T})^{DU_{t,T}/252}}$$

Portanto, a taxa forward em t para o período entre T e S é:

$$F_{t,T;S} = \sqrt[DU_{T,S}]{\frac{(1+R_{t,S})^{DU_{t,S}}}{(1+R_{t,T})^{DU_{t,T}}} - 1}$$

EXEMPLO 2.8:

Em 07/10/2019 a taxa pré spot para 01/07/2020 (183 dias úteis) era 4,73%, já a taxa spot para 01/04/2021 (372 dias úteis) era 5,04%. A taxa *forward* para o período entre 01/07/2020 e 01/04/2021 é calculada abaixo.

$$F_{07/10/19;01/07/20;01/04/21} = \sqrt[DU_{01/07/20,01/04/21}]{\frac{(1+R_{07/10/19;01/04/21})^{DU_{07/10/19,01/04/21}}}{(1+R_{07/10/19;01/07/20})^{DU_{07/10/19,01/07/20}}} - 1}$$

$$F_{07/10/19;01/07/20;01/04/21} = \sqrt[372-183]{\frac{(1+5,04\%)^{372}}{(1+4,73\%)^{183}}} - 1 = 5,34\%$$

Ou seja, em 07/10/2019, a taxa forward para o período futuro entre 01/07/2020 e 01/04/2021, correspondente a 189 dias úteis, é 5,34%.

2.9 Inflação Implícita

A inflação implícita é a diferença entre os juros nominais e reais, sendo uma importante ferramenta que fornece informações sobre a expectativa de mercado para a inflação futura. Em um regime de metas de inflação, como no Brasil, o monitoramento das expectativas é crucial para os Bancos Centrais avaliarem a ancoragem das expectativas de inflação e a credibilidade da política monetária. No Brasil, podemos extrair a taxa de juros nominal de títulos públicos, como por exemplo a LTN, bem como do Contrato Futuro de DI de um dia (DI1). Já as taxas de juros reais podem ser extraídas também de títulos públicos, que é o caso das NTN-Bs, bem como do

Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP). Nesta seção iremos demonstrar a metodologia para cálculo da inflação implícita de curto prazo.

De acordo com [Vicente e Graminho \(2015\)](#) a inflação implícita pode ser decomposta da seguinte forma:

Inflação Implícita = Expectativa de Inflação + Prêmio de Risco de Inflação - Prêmio de Liquidez + Convexidade.

[Vicente e Graminho \(2015\)](#) também mostraram que o prêmio de liquidez e a convexidade são desprezíveis no mercado brasileiro. Já o prêmio de risco de inflação é a remuneração exigida por investidores de títulos nominais por conta da incerteza em relação à inflação futura. No curto prazo, como a incerteza é baixa, [Vicente e Guillen \(2013\)](#) e [Kubudi et al. \(2016\)](#) mostraram que este prêmio também é baixo. Portanto, a inflação implícita de curto prazo é um bom indicador das expectativas de inflação de mercado.

Entretanto, existem duas dificuldades para o cálculo da inflação implícita de curto prazo. A primeira é que tanto as NTN-Bs como o DAP possuem defasagem de indexação pelo IPCA, ou seja, eles vencem no décimo quinto dia do mês, porém são corrigidos pelo IPCA até o mês anterior. A segunda é que a inflação tem sazonalidade, implicando, para que não haja arbitragem, em sazonalidade também da taxa real, dado que o juro nominal de curto prazo é pouco volátil.

Nesta seção, iremos demonstrar uma metodologia simples, apresentada por [Araujo e Vicente \(2018\)](#), que trata das dificuldades apresentadas acima. Para contornar o problema da defasagem, considera-se como variável de interesse a inflação acumulada entre o último mês que se conhece o IPCA e o mês anterior ao vencimento da NTN-B ou do DAP. Também são utilizados pesos proporcionalmente à distribuição das expectativas Focus Top 5 Curto Prazo para tratar não somente da sazonalidade mas também contemplar a informação corrente sobre a inflação.¹⁵

Existem quatro casos possíveis no cálculo da Inflação Implícita, de acordo com a utilização de diferentes instrumentos para se extrair a taxa de juros real, conforme abaixo explicitado.

Para qualquer título de renda fixa que não paga cupom, temos que o preço do título em t com vencimento em T é:

$$P_{t,T} = \frac{VNA_T}{1+R_{t,T}}$$

Onde VNA_T é o Valor Nominal Atualizado em T e $R_{t,T}$ a taxa de juros nominal entre t e T . Tanto o VNA como a taxa de juros nominal podem ser extraídos da ANBIMA, pois são dados amplamente utilizados pelo mercado.

i) NTN-Bs sem pagamento de cupom:

Neste caso, o preço da NTN-B em t com vencimento em T será:

$$P_{t,T} = \frac{VNA_{t^*}(1+II_{t^*-15,T-15})}{1+R_{t,T}}$$

Onde t^* é a data do último VNA conhecido, $II_{t^*-15,T-15}$ é a inflação implícita com defasagem de 15 dias entre t^* e o vencimento T e $R_{t,T}$ é a taxa de juros nominal entre t e o vencimento T .

Logo:

¹⁵O relatório de mercado Focus é um relatório que contém as projeções de agentes de mercado para diversos indicadores econômicos brasileiros, sendo divulgado semanalmente, às segundas-feiras, pelo Banco Central do Brasil. É possível obtê-lo em <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/relatoriofocus>

$$II_{t^*-15,T-15} = \frac{P_{t,T}(1+R_{t,T})}{VNA_{t^*}} - 1$$

EXEMPLO 2.9.1:

Em 06/03/2019 a NTN-B sem pagamento de cupom, com vencimento em 15/05/2019, ou seja, faltando 48 dias úteis para seu vencimento, tinha preço de R\$ 3.164,828943 por papel. A taxa pré-fixada para 48 dias úteis era 6,40% a.a.

Em 06/03/2019 embora o período de apuração do IPCA de fevereiro de 2019 já houvesse passado, o seu VNA ainda não era conhecido. O último VNA disponível nesta data era R\$ 3.169,123385, referente ao mês de janeiro de 2019, divulgado em 15/02/2019. Então, a inflação esperada para o período é:

$$II_{01/02/2019,31/04/2019} = \frac{P_{06/03/2019,15/05/2019}(1+R_{06/03/2019,15/05/2019})}{VNA_{15/03/2019}} - 1 = \frac{3.164,828943(1+6,40\%)^{48/252}}{3.169,123385} - 1 = 1,05\%$$

ii) NTN-Bs com pagamento de cupom, porém que não têm mais cupom intermediário:

Sabendo-se que a taxa de cupom semestral da NTN-B é 2,956301%, o preço da NTN-B em t com vencimento em T com pagamento de cupom apenas no vencimento será:

$$P_{t,T} = \frac{VNA_{t^*}(1+II_{t^*-15,T-15}) + 2,956301\% VNA_{t^*}(1+II_{t^*-15,T-15})}{1+R_{t,T}}$$

Onde t^* é a data do último VNA conhecido, $II_{t^*-15,T-15}$ é a inflação implícita com defasagem de 15 dias entre t^* e o vencimento T e $R_{t,T}$ é a taxa de juros nominal entre t e o vencimento T.

Logo:

$$II_{t^*-15,T-15} = \frac{P_{t,T}(1+R_{t,T})}{VNA_{t^*}(1+2,956301\%)} - 1$$

EXEMPLO 2.9.2:

Em 25/05/2018 a NTN-B com pagamento de cupom e vencimento em 15/08/2018, ou seja, faltando 57 dias úteis para seu vencimento, tinha o preço de R\$ 3.156,266003. A taxa prefixada em 25/05/2018 para 57 dias úteis era 6,45% a.a.

Em 25/05/2018 o último VNA disponível era referente ao mês de abril de 2018, divulgado em 15/05/2018, com valor de R\$ 3.073,069824. Então, a inflação implícita para o período é:

$$II_{01/05/2018,31/07/2018} = \frac{P_{25/05/2018,15/08/2018}(1+R_{25/05/2018,15/08/2018})}{VNA_{15/05/2018}(1+2,956301\%)} - 1 = \frac{3.156,266003(1+6,45\%)^{57/252}}{3.073,069824(1+2,956301\%)} - 1 = 1,18\%$$

iii) NTN-Bs com pagamento de cupom que ainda têm cupom intermediário:

No caso de ainda haver pagamento de cupom intermediário, é necessário encontrar a taxa à vista da NTN-B, ou seja, a taxa de um título zero-cupom. A técnica utilizada para tal é o *bootstrapping* que necessita de um instrumento auxiliar zero-cupom com vencimento na data do pagamento intermediário da NTN-B. Podemos utilizar o Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP) para o *bootstrapping*, visto que o mesmo é zero-cupom e tem vencimentos coincidentes com os pagamentos intermediários das NTN-Bs.

Sejam t a data de cálculo da inflação implícita, t_i a data do i ésimo pagamento intermediário da NTN-B, t^* a data do último VNA conhecido, T o vencimento da NTN-B, n o número total de pagamentos intermediários e $CupomIPCA$ é a taxa negociada do DAP, então, através do *bootstrapping*, o preço do título com pagamento intermediário será:

$$P_{t,T} = \sum_{i=1}^n \frac{VNA_{proj_t} 2,956301\%}{(1+CupomIPCA_{t,t_i})} + \frac{VNA_{proj_t}(1+2,956301\%)}{(1+CupomIPCA_{t,T})}$$

Onde VNA_{proj_t} é o VNA projetado para t , divulgado pela ANBIMA diariamente.¹⁶

Então a taxa à vista de t até T pode ser encontrada manipulando-se a equação acima, conforme:

$$CupomIPCA_{t,T} = \frac{VNA_{proj_t}(1+2,956301\%)}{P_{t,T} - \sum_{i=1}^n \frac{VNA_{proj_t} 2,956301\%}{(1+CupomIPCA_{t,t_i})}} - 1$$

Com a taxa à vista, podemos calcular o preço de um título zero-cupom de t até T , conforme abaixo.

$$P^0_{t,T} = \frac{VNA_{proj_t}}{(1+CupomIPCA_{t,T})}$$

Finalmente, podemos obter a inflação implícita defasada de 15 dias entre t^* e T pela equação abaixo.

$$II_{t^*-15,T-15} = \frac{(1+R_{t,T})P^0_{t,T}}{VNA_{t^*}} - 1$$

EXEMPLO 2.9.3:

Em 10/01/2018 a NTN-B com pagamento de cupom e vencimento em 15/08/2018, ou seja, faltando 150 dias úteis para seu vencimento, tinha o preço de R\$ 3.169,841250. A taxa prefixada em 10/01/2018 para 150 dias úteis era 6,68% a.a. e o DAP com vencimento em 15/02/2018, prazo de 24 dias úteis, era negociado a taxa de 2,40% a.a. Além disso, como visto anteriormente, as NTN-Bs que vencem em anos pares pagam cupom semestral em fevereiro e agosto. Portanto, em 10/01/2018, a NTN-B deste exemplo ainda pagaria cupom em 15/02/2018.

Em 10/01/2018 o último VNA disponível era referente ao mês de novembro de 2017, divulgado em 15/12/2017, com valor de R\$ 3.023,157151. O VNA projetado pela ANBIMA para 10/01/2018 era R\$ 3.042,852606.

Através do *bootstrapping* e com auxílio do DAP com vencimento coincidente com a data de cupom da NTN-B, calculamos a taxa à vista de 10/01/2018 até 15/08/2018.

$$CupomIPCA_{10/01/2018,15/08/2018} = \frac{VNA_{proj_{10/01/2018}}(1+2,956301\%)}{P_{10/01/2018,15/08/2018} - \sum_{i=1}^1 \frac{VNA_{proj_{10/01/2018}} 2,956301\%}{(1+CupomIPCA_{10/01/2018,15/02/2018})}} - 1$$

$$1 = \frac{3.042,852606(1+2,956301\%)}{3.169,841250 - \frac{3.042,852606(2,956301\%)}{(1+2,40\%)^{24/252}}} - 1 = 1,71\%$$

O preço de um título zero-cupom de 10/01/2018 até 15/08/2018 será:

¹⁶Para os dias diferentes do dia 15 de cada mês, a ANBIMA calcula a projeção do VNA diariamente através de sua projeção de inflação.

$$P^0_{10/01/2018,15/08/2018} = \frac{VNA_{proj10/01/2018}}{(1+CupomIPCA_{10/01/2018,15/08/2018})} = \frac{3.042,852606}{(1+1,71\%)} = 2.991,646314$$

Finalmente, a inflação implícita entre 01/12/2017 e 31/07/2018 é:

$$II_{01/12/2017,31/07/2018} = \frac{(1+R_{10/01/2018,15/08/2018})P^0_{10/01/2018,15/08/2018}}{VNA_{15/12/2017}} - 1 = \frac{2.991,646314(1+6,68\%)^{150/252}}{3.023,157151} - 1 = 2,84\%$$

iv) Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP):

Para o cálculo da Inflação Implícita a partir do DAP, diferentemente da NTN-B, o VNA do dia 15 não está disponível de imediato. Temos que o preço em pontos do DAP em t , com vencimento em T é:

$$PO_{t,T} = \frac{100.000}{(1+CupomIPCA_{t,T})}$$

Logo, o VNA_t^{DAP} é 100.000. Para o cálculo do VNA do último dia 15 do DAP, devemos descontar 100.000 pela inflação defasada de 15 dias entre t^* e t .

$$VNA_{t^*}^{DAP} = \frac{100.000}{(1+II_{t^*-15,t-15})}$$

Como os ajustes diários do DAP consideram a projeção de inflação da ANBIMA, podemos calcular esta inflação implícita através dos VNAs divulgados pela ANBIMA.

$$II_{t^*-15,t-15} = \frac{VNA_t}{VNA_{t^*}} - 1$$

Então:

$$VNA_{t^*}^{DAP} = \frac{100.000}{\frac{VNA_t}{VNA_{t^*}}}$$

Portanto a Inflação Implícita entre $t-15$ e $T-15$ será:

$$II_{t-15,T-15} = \frac{PO_{t,T}(1+R_{t,T})}{VNA_{t^*}^{DAP}} - 1$$

EXEMPLO 2.9.4:

Em 28/10/2019 o preço em pontos do DAP F20, com vencimento em 15/01/2020, ou seja, faltando 54 dias úteis para seu vencimento, era 99.744,714177. A taxa prefixada para 54 dias úteis era 4,78% a.a.

O VNA projetado pela ANBIMA para 28/10/2019 era R\$ 3.238,827800, já o último VNA divulgado pela ANBIMA era de 15/10/2019, com valor de R\$ 3.237,814470. Então, temos que o VNA do último dia 15 do DAP é:

$$VNA_{15/10/2019}^{DAP} = \frac{100.000}{\frac{3.238,827800}{3.237,814470}} = 99.968,713063$$

Logo, a Inflação Implícita entre 01/10/2019 e 31/12/2019 era:

$$II_{13/10/2019,31/12/2019} = \frac{PO_{28/10/2019,15/01/2020}(1+R_{28/10/2019,15/01/2020})}{VNA_{15/10/2019}^{DAP}} - 1 = \frac{99.744,714177(1+4,78\%)^{54/252}}{99.968,713063} - 1 = 0,78\%$$

Por fim, para tratar da sazonalidade e informações correntes acerca da inflação, [Araujo e Vicente \(2018\)](#) propõem distribuir mensalmente a inflação implícita encontrada para o período utilizando-se pesos proporcionais à mediana das projeções de IPCA compiladas pelo Focus Top 5 Curto Prazo. Eles fazem isso porque estão querendo prever a inflação de curto prazo. Entretanto, poderia-se utilizar uma outra medida para a distribuição da inflação implícita, como, por exemplo, uma sazonalidade histórica.

EXEMPLO 2.9.5: Supondo-se que em 02/09/2019 tenhamos encontrado uma inflação implícita para o período entre 01/08/2019 até 31/10/2019 de 0,3% ou 0,2996% em taxa contínua¹⁷. A tabela abaixo contém as medianas das projeções Top 5 Curto Prazo do Focus.

Tabela 2.1: Projeções Mediana IPCA Focus Top 5 Curto Prazo

Mês	Projeção
Agosto	0,11%
Setembro	0,16%
Outubro	0,20%
Total	0,47%

A seguir, faremos a distribuição da inflação implícita encontrada de acordo com os pesos atribuídos a cada mês, conforme abaixo.

Tabela 2.2: Distribuição da Inflação Implícita

Mês	Peso	II (Taxa Contínua)	II (Taxa Discreta)
Agosto	$\frac{0,11\%}{0,47\%} = 23,40\%$	$23,40\% \times 0,2996\% = 0,0701\%$	0,07%
Setembro	$\frac{0,16\%}{0,47\%} = 34,04\%$	$34,04\% \times 0,2996\% = 0,102\%$	0,10%
Outubro	$\frac{0,20\%}{0,47\%} = 42,55\%$	$42,55\% \times 0,2996\% = 0,1275\%$	0,13%
Total	100%	0,2996%	0,30%

¹⁷Para transformar de taxa discreta para taxa contínua, utiliza-se a seguinte fórmula: $r = LN(1 + i)$, onde r é a taxa contínua e i a taxa discreta.

Capítulo 3

Estruturas de Investimentos

Neste capítulo, serão apresentadas diferentes estruturas de investimentos, conciliando o DAP com um ou mais instrumentos apresentados no capítulo 2. Serão mostradas as posições a serem assumidas (comprada ou vendida) em cada instrumento, assim como a proporção da quantidade de cada um deles. É importante destacar que, ao combinar diferentes instrumentos para estruturar uma operação, devido às características de cada um, pode haver descasamento de fluxos de caixa. Por exemplo, caso o investidor venda inflação implícita, estrutura que será apresentada mais adiante, utilizando a LTN e o DAP, o fluxo de caixa da LTN se dará na compra do título e no vencimento ou na venda antecipada, exclusivamente. Já no DAP, por haver ajustes diários de posições, haverá fluxo de caixa diariamente. Portanto, nos casos de descasamento dos fluxos de caixa, caso o investidor utilize as entradas de caixa dos ajustes diários para outras aplicações, poderá haver impacto no resultado da operação. Entretanto, caso estes fluxos sejam aplicados a 100% da taxa DI, o resultado final da operação será o mesmo, independentemente do fluxo de caixa ocorrido.

3.1 DAP Como Instrumento de *Hedge* Para Troca de Indexador de Ativos Indexados ao IPCA

O DAP pode ser utilizado como *hedge* para troca da exposição de NTN-Bs e Debêntures indexadas ao IPCA para o DI ou para uma taxa prefixada.

3.1.1 Troca do Indexador de Ativo Indexado ao IPCA Para o DI

Caso um investidor possua um ativo indexado ao IPCA, para trocar o indexador de IPCA para o DI com o DAP, ele deve realizar a operação inversa, ou seja, comprar Cupom de IPCA (comprar taxa, vender PU).

Idealmente, para se calcular a proporção de DAP para cada ativo, deve-se ajustar a quantidade de DAP de modo que a exposição total de ambos ao IPCA seja a mesma, ou seja, o volume financeiro do ativo deveria ser igual ao valor Nocial¹ do DAP. Ao mesmo tempo, deve-se calcular a quantidade de DAP para que impactos no preço do ativo advindos de variações no Cupom de IPCA sejam compensados pelo DAP. Entretanto, na prática, para que o impacto da variação do Cupom de IPCA seja compensado entre ativo e DAP, a *duration* modificada deve ser igual, visto que para pequenas variações de taxa, a *duration* modificada é uma excelente aproximação na variação do preço. Todavia, o DAP não tem fluxo intermediário. Nos casos de ativos com fluxos intermediários, por exemplo a NTN-B, a *duration* do DAP será superior se os instrumentos tiverem o mesmo prazo, exceto nos casos em que já não possua mais cupons

¹Valor Nocial é o valor de cada contrato futuro multiplicado pela sua quantidade.

intermediários. Consequentemente o valor Nocial do DAP será menor que o valor total das NTN-Bs, ou seja, a exposição ao IPCA não será a mesma para ambos, haverá um pequena diferença. É importante que a gestão desta estrutura seja ativa, de modo a compensar variações nas *durations* modificadas e preços dos ativos.

EXEMPLO 3.1.1:

Supondo que em 15/08/2018 uma empresa comprou 10.000 NTN-Bs com vencimento em 15/05/2019 a taxa de 1,99% a.a., correspondendo ao PU de R\$ 3.273,080164. Esta empresa deseja trocar o indexador de Cupom de IPCA mais a variação do IPCA no período para o DI.

Temos que o montante de NTN-B que esta empresa comprou em 15/08/2018 é:

$$\text{Montante } NTN-B_{15/08/18} = QTDE.NTN-B_{15/08/18} \times PU_{NTN-B_{15/08/18}} = 10.000 \times R\$3.273,080164 = R\$ 32.730.801,64$$

Para realizar a troca, esta empresa deve comprar o Contrato Futuro de Cupom de IPCA, DAP, com vencimento coincidente com a NTN-B, ou seja, o DAP K19. Para o cálculo da quantidade de DAP para 10.000 NTN-Bs, devemos multiplicar o financeiro das NTN-Bs pela sua *duration* Modificada e igualá-las ao Valor Nocial do DAP multiplicado pela sua *duration* Modificada, conforme visto no capítulo 2.7. Ou seja, para que a operação tenha sucesso, para uma mesma variação de taxa na NTN-B e no DAP, a variação de preço de um deve compensar a do outro.

Sabendo que a taxa do DAP em 15/08/2018 era negociada a 1,99% a.a., que corresponde ao preço em pontos (PO) de 98.563,845877, e que o VNA era 5.061,11, então seu PU é:

$$PU_{DAP_{15/08/18}} = R\$0,00025 \times 98.563,845877 \times 5.061,11 = R\$ 124.710,616502$$

Sabe-se também que a *duration* modificada do DAP é 0,72 e da NTN-B 0,706. Logo, a quantidade de DAP necessário é:

$$QTDE.NTN-B_{15/08/18} \times PU_{NTN-B_{15/08/18}} \times durationModificada_{NTN-B_{15/08/18}} = Qtde.DAP_{15/08/18} \times PU_{DAP_{15/08/18}} \times durationModificada_{DAP_{15/08/18}}$$

$$10.000 \times 3.273,080164 \times 0,706 = QTDE.DAP \times 124.710,616502 \times 0,72$$

Logo, a quantidade de DAP K19 necessária será:

$$QTDE_{DAP_{15/08/18}} = 257,58$$

Como só se pode operar múltiplos de 5 contratos, utilizaremos 260 contratos.

Em 16/11/2018 o VNA divulgado pela ANBIMA foi de 3.160,923313. Neste mesmo dia, houve pagamento de cupom da NTN-B no valor de R\$ 93,45 por título. Conforme mencionado anteriormente, a gestão desta operação deve ser ativa, visto que variações de taxas e pagamentos de cupons influenciam na *duration* dos ativos. Sabendo que o valor dos cupons tenha sido reinvestido, devemos recalcular a quantidade de DAP necessária. Para isto, precisamos da quantidade de NTN-B comprada nesta data.

$$\text{Total Cupom Recebido} = QTDE.NTN-B_{15/08/18} \times \text{Valor do Cupom} = 10.000 \times R\$ 93,45 = R\$ 934.500,00$$

Sabendo que a taxa da NTN-B se manteve em 1,99% a.a., o PU correspondente nesta data é R\$ 3.223,471663. Logo a quantidade de NTN-B a ser comprada é:

$$QTDE_{NTN-B_{comprada}} = \frac{R\$934.500,00}{3.223,471663} = 289,90$$

Como não é possível comprar frações de títulos públicos, assumiremos que a empresa comprou

289 NTN-Bs. Devido a este fato, a diferença entre o valor de cupom recebido e reinvestido é de R\$ 2.916,69, sobre os quais assumiremos que serão reinvestidos em operações compromissadas, rendendo a taxa Selic entre 16/11/2018 e 15/05/2019.

Sabendo que a taxa do DAP em 16/11/2018 se manteve em 1,99% a.a., o preço em pontos (PO) correspondente é 99.050,583641. Dado o VNA de 5.103,69, então seu PU é:

$$PU_{DAP_{16/11/18}} = R\$0,00025 \times 99.050,583641 \times 5.103,69 = R\$ 126.380,868306$$

Sabe-se também que a *duration* modificada do DAP é 0,475, assim como da NTN-B. Logo, a quantidade de DAP necessária é:

$$QTDE_{NTN-B_{16/11/18}} \times PU_{NTN-B_{16/11/18}} \times duration_{Modificada_{NTN-B_{16/11/18}}} = Qtde_{DAP_{16/11/18}} \times PU_{DAP_{16/11/18}} \times duration_{Modificada_{DAP_{16/11/18}}}$$

$$(10.000 + 289) \times 3.223,471663 \times 0,475 = QTDE_{DAP} \times 126.380,868306 \times 0,475$$

Logo, a quantidade de DAP K19 necessária será:

$$QTDE_{DAP_{15/11/18}} = 262,43$$

Portanto, como a empresa estava comprada em 260 contratos de DAP e não é possível negociar menos de 5 contratos, deve-se manter a posição assumida desde o início, ou seja, continuar comprado em 260 contratos.

Sabendo-se que a taxa selic entre 16/11/2018 e 15/05/2019 foi 3,10% e o VNA divulgado pela ANBIMA em 15/05/2019 foi 3.224,895021, então o cupom pago nesta data será R\$95,34 por título. Logo o resultado final da NTN-B pode ser obtido somando-se o resultado das 10.000 NTN-Bs compradas inicialmente com o resultado das NTN-Bs compradas em 16/11/18 e com o resultado do reinvestimento nas operações compromissadas, conforme abaixo.

$$\text{Resultado NTN-B} = 10.000 \times (R\$3.224,895021 - R\$ 3.273,080164) + 10.000 \times R\$93,45 + 289 \times (R\$3.224,895021 - R\$ 3.223,471663) + 10.289 \times R\$ 95,34 + 3,10\% \times R\$ 2.916,69 = R\$ 1.434.103,60$$

Já para o resultado do DAP será necessário calcular o fator de correção que, conforme visto no capítulo 2, corresponde à diferença entre o DI e a variação do IPCA do período entre 15/08/2018 e 15/05/2019. Dado o índice IPCA pro-rata em 15/05/2019 de 5.206,98, podemos calcular a variação do IPCA realizada simplesmente dividindo-se os VNAs. Sabendo também que o DI efetivo acumulado entre 15/08/2018 e 15/05/2019 foi 4,658%, então o fator de correção é:

$$\Delta_{IPCA_{15/08/18;15/05/19}} = \frac{5.206,98}{5.061,11} - 1 = 0,0288217$$

$$FC_{15/08/18;16/05/19} = \frac{1+DI_{15/08/18;15/05/19}}{1+\Delta_{IPCA_{15/08/18;15/05/19}}} = \frac{1+4,658\%}{1+0,0288217} = 1,01726077$$

Logo, o resultado do DAP pode ser obtido conforme abaixo:

$$\text{Resultado DAP} = 260 \times (98.563,845877 \times 1,01726077 - 100.000) \times 5.206,98 \times R\$0,00025 = R\$ 89.735,50$$

O resultado final da operação será:

$$\text{Resultado} = R\$ 1.434.103,60 + R\$ 89.735,50 = R\$ 1.523.839,10$$

Sabendo-se que o DI acumulado entre 15/08/2018 e 15/05/2019 foi de 4,66%, podemos calcular qual seria o resultado se a empresa tivesse investido em DI diretamente todo o montante que foram compradas as NTN-Bs, de R\$ 32.730.801,64.

$$\text{Resultado}_{DI} = \text{R\$ } 32.730.801,64 \times 4,66\% = \text{R\$ } 1.525.255,36$$

Pode-se concluir que a troca do indexador foi bem sucedida, uma vez que a diferença entre a operação realizada pela empresa e a operação direta em DI foi de apenas R\$ 1.416,26, ou menos de 0,01% do resultado da operação. É importante ressaltar que a diferença se deve aos arredondamentos nas quantidades de contratos negociados do DAP, uma vez que não é possível operar frações de contratos.

3.1.2 Troca do Indexador de Ativo Indexado ao IPCA Para Prefixado

Para a troca de indexação de ativos indexados ao IPCA para uma taxa prefixada, deve-se realizar a operação do item 3.1.1, o que implicará em um ativo indexado ao DI, realizar um *Swap* ficando ativo em taxa prefixada e passivo em taxa pós-fixada, através do Contrato Futuro de DI ou do Swap DI x Pre, de modo que o impacto da variação do DI na estrutura ativo + DAP seja compensado pelo DI1 ou Swap DI x Pre. Entretanto, em geral, ativos indexados ao IPCA vencem dia 15 porém o DI1 no dia 1^o, ou seja, exceto se for utilizado o Swap DI x Pre, há diferença nas *durations*. Assim como no caso do item anterior, na prática, o hedge não será totalmente perfeito. Nestes casos, em geral, a diferença pode ser desprezada diante do volume financeiro da operação.

EXEMPLO 3.1.2:

Supondo que em 16/11/2018 uma empresa comprou 10.000 NTN-Bs com vencimento em 15/05/2019 e PU de R\$ 3.223,471663. Esta empresa deseja realizar a troca de indexação de Cupom de IPCA mais a variação do IPCA para uma taxa prefixada.

Temos que o montante de NTN-B que esta empresa comprou em 16/11/2018 é:

$$\text{Montante } NTN - B_{16/11/18} = \text{Divida}_{16/11/18} = QTDE \cdot NTN - B_{16/11/18} \times PU_{NTN - B_{16/11/18}} = 10.000 \times \text{R\$} 3.223,471663 = \text{R\$ } 32.234.716,63$$

Sabendo que a taxa do DAP em 16/11/2018 era 1,99% a.a., o preço em pontos (PO) correspondente é 99.050,583641. Dado o VNA de 5.103,69, então seu PU é:

$$PU_{DAP_{16/11/18}} = \text{R\$} 0,00025 \times 99.050,583641 \times 5.103,69 = \text{R\$ } 126.380,868306$$

Sabe-se também que a *duration* modificada do DAP é 0,475, assim como da NTN-B. Logo, para realizar a primeira etapa do *hedge*, que consiste na troca do indexador das NTN-Bs de IPCA para DI, calcularemos abaixo a quantidade de DAP necessária a ser comprada, conforme exemplo 3.1.1:

$$QTDE \cdot NTN - B_{16/11/18} \times PU_{NTN - B_{16/11/18}} \times \text{durationModificada}_{NTN - B_{16/11/18}} = Qtd_{DAP_{16/11/18}} \times PU_{DAP_{16/11/18}} \times \text{durationModificada}_{DAP_{16/11/18}}$$

$$10.000 \times 3.223,471663 \times 0,475 = QTDE \cdot DAP \times 126.380,868306 \times 0,475$$

Logo, a quantidade de DAP K19 necessária será:

$$QTDE_{DAP_{16/11/18}} = 255$$

Para a segunda etapa da operação, conforme mencionado anteriormente, deve-se vender a taxa prefixada e comprar taxa pós-fixada, em volume igual ao ativo, no caso as NTN-Bs. Neste caso, suponhamos que a empresa tenha realizado um *Swap* DI X Pré ², no qual ela recebe a taxa Prefixada de 6,40% a.a. e paga 100% do DI sobre o montante de R\$ 32.234.716,63 .

²Esta operação é análoga a vender taxa do contrato futuro de DI1.

Supondo que o DI efetivo entre 16/11/2018 e 15/05/2019 tenha sido 3,10%, o resultado do *Swap* pode ser obtido conforme abaixo:

Sabendo que existem 122 dias úteis entre 16/11/2018 e 15/05/2019, então a taxa prefixada para o período é:

$$TaxaPrefixada_{16/11/18;15/05/19} = (1 + 6,40\%)^{(122/252)} - 1 = 3,049\%$$

$$Resultado\ Swap = R\$ 32.234.716,63 \times (3,049\% - 3,10\%) = - R\$ 16.439,71$$

Sabendo-se que o VNA divulgado pela ANBIMA em 15/05/2019 foi 3.224,895021, então o cupom pago nesta data será R\$95,34 por NTN-B. Logo o resultado final da NTN-B pode ser obtido conforme abaixo:

$$Resultado\ NTN-B = 10.000 \times R\$95,34 + 10.000 \times (R\$3.224,895021 - R\$ 3.223,471663) = R\$ 967.633,58$$

Já para o resultado do DAP será necessário calcular o fator de correção que, conforme visto no capítulo 2, corresponde à diferença entre o DI e a variação do IPCA do período entre 16/11/2018 e 15/05/2019. Dado o VNA em 15/05/2019 de 5.206,98, podemos calcular a variação do IPCA realizada simplesmente dividindo-se os VNAs. Logo o fator de correção é:

$$\Delta IPCA_{16/11/18;15/05/19} = \frac{5.206,98}{5.103,69} - 1 = 0,0202383$$

$$FC_{16/11/18;15/05/19} = \frac{1 + DI_{16/11/18;15/05/19}}{1 + \Delta IPCA_{16/11/18;15/05/19}} = \frac{1 + 3,10\%}{1 + 0,0202383} = 1,0105482$$

Logo, o resultado do DAP pode ser obtido conforme abaixo:

$$Resultado\ DAP = 255 \times (99.050,583641 \times 1,0105482 - 100.000) \times 5.206,98 \times R\$0,00025 = R\$ 31.663,90$$

O resultado final da operação será:

$$Resultado = R\$ 967.633,58 - R\$ 16.439,71 + R\$ 31.663,90 = R\$ 982.857,77$$

Sabendo-se que entre 16/11/2018 e 15/05/2019 existem 122 dias úteis, caso a empresa tivesse investido diretamente em taxa prefixada de 6,40% a.a. o montante comprado em NTN-Bs, de R\$ 32.234.716,63, o resultado seria:

$$Resultado_{prefixada} = R\$ 32.234.716,63 \times [(1 + 6,40\%)^{122/252} - 1] = R\$ 982.789,65$$

Pode-se concluir que a troca do indexador foi bem sucedida, uma vez que a diferença entre a operação realizada pela empresa e a operação direta em taxa prefixada foi de apenas R\$ 68,12, ou menos de 0,01% do resultado da operação. É importante ressaltar que a diferença se deve aos arredondamentos nas quantidades de contratos negociados do DAP, uma vez que não é possível operar frações de contratos.

3.2 Inflação Implícita

3.2.1 Inflação Implícita com *Swap* DI x Pre + DAP

Para comprar inflação implícita³ com *Swap* DI x Pre e o DAP, o investidor deve comprar o *Swap*, ou seja, receber a taxa pós-fixada e pagar a taxa prefixada, além de vender o DAP de mesmo vencimento, ajustando as quantidades de modo que o montante total do *Swap* e o valor nominal

³Comprar a inflação implícita é apostar que o IPCA será maior que a inflação implícita comprada, assim como vendê-la é apostar no contrário.

total do DAP sejam iguais, pois a duration é a mesma. Para a venda da inflação implícita, basta realizar a operação inversa, tanto no *Swap* como no DAP.

EXEMPLO 3.2.1:

Suponha que em 16/09/2019 um investidor comprou inflação implícita referente aos meses de setembro e outubro. Neste caso, o investidor vendeu 50 contratos do DAP X19, com vencimento em 18/11/2019, a uma taxa de 3,55% a.a. e comprou o mesmo montante de *Swap* DI x Pre de mesmo vencimento a taxa de 0,93% para o período.

Sabendo-se que o VNA era R\$ 5.229,93 em 16/09/2019, calcularemos a seguir o VNA do DAP em 16/09/2019, conforme visto no capítulo 2.

$$VNA_{16/09/2019}^{DAP} = \frac{100.000}{\frac{5.229,93}{5.229,93}} = 100.000$$

Dada taxa de 3,55% em 16/09/2019 para o DAP X19, sabemos então que o preço em pontos do contrato correspondia a 99.392,758479. Logo, podemos calcular a inflação implícita para setembro e outubro:

$$II_{01/09/19,31/10/2019} = 99.392,758479 \times \frac{(1+0,93\%)}{100.000} - 1 = 0,317\%$$

Temos que em 16/09/2019 o PU do DAP pode ser calculado conforme abaixo.

$$PU_{DAP_{16/09/19}} = 99.392,758479 \times 5.229,93 \times R\$ 0,00025 = R\$ 129.954,29$$

Sabe-se que o montante do *Swap* é o mesmo que o valor nominal do DAP. Logo:

$$Montante_{Swap} = 50 \times R\$ 129.954,29 = R\$ 6.497.714,50.$$

Dado que o VNA em 18/11/2019 era R\$ 5.233,07 e que o DI efetivo entre 16/09/2019 e 18/11/2019 foi de 0,91%, o Fator de Correção dos contratos de DAP é:

$$FC = \frac{(1+0,91\%)}{\frac{5.233,07}{5.229,93}} = 1,0084949$$

No vencimento, o resultado do DAP será:

$$Resultado_{DAP} = 50 \times (100.000 - 99.392,758479 \times 1,0084949) \times 5.233,07 \times R\$ 0,00025 = - R\$ 15.508,86$$

Já o resultado do *Swap* DI x Pré será:

$$Resultado_{Swap} = R\$ 6.497.714,50 \times (0,91\% - 0,93\%) = - R\$ 1.299,54$$

Então, o resultado da operação será:

$$Resultado = - R\$ 15.508,86 - R\$ 1.299,54 = - R\$ 16.808,40$$

Podemos calcular a inflação realizada simplesmente dividindo-se os Índices Pró-rata, conforme:

$$Inflação_{Realizada} = \frac{5.233,07}{5.229,93} - 1 = 0,06\%$$

Como podemos observar, a inflação realizada foi menor do que a inflação comprada pelo investidor. Por isso, o resultado desta operação foi negativo.

Podemos chegar ao mesmo resultado do investidor da seguinte forma:

Ao comprar o *swap* DI x Pre, o investidor recebe o DI e paga a taxa de juros prefixada, que nada mais é que o cupom de IPCA mais a inflação implícita. Ao mesmo tempo, ao vender o DAP, o

investidor recebe a variação do IPCA mais o cupom de IPCA e paga o DI. Portanto, o resultado da operação poderia ser obtido diretamente conforme a seguir:

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = M \times (1 + DI) - M \times (1 + II) \times (1 + r) + M \times (1 + IPCA) \times (1 + r) - M \times (1 + DI), \text{ onde:}$$

M é o montante investido, DI é a taxa DI acumulada no período, II é a inflação implícita para o período, $IPCA$ é a variação do IPCA no período e r é o cupom de IPCA.

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = M \times [-(1 + II) \times (1 + r) + (1 + IPCA) \times (1 + r)]$$

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = M \times (1 + r) \times (IPCA - II)$$

Sabendo-se que existem 44 dias úteis entre 16/09/2019 e 18/11/2019, podemos chegar ao resultado direto conforme:

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = \text{R\$ } 6.497.714,50 \times [(1 + 3,55\%)^{44/252} \times (0,06\% - 0,31\%)] = - \text{R\$ } 16.798,60$$

É importante ressaltar que a diferença de R\$9,80 entre o resultado da operação e do cálculo direto se deve aos arredondamentos.

3.2.2 Inflação Implícita com DI1 + DAP

Ao utilizar o DI1 para se operar a inflação implícita, esbarra-se em uma questão prática: o DI1 vence no dia primeiro, enquanto o DAP vence no dia quinze. Na prática, dado que o DI1 de curto prazo é pouco volátil, utiliza-se o DI1 de primeiro vencimento posterior ao vencimento do DAP, encerrando a posição no vencimento do DAP. Por existir esta pequena diferença, a *duration* Modificada do DAP será um pouco menor que do DI1, logo devemos calcular as quantidades de cada ativo igualando-se seus volumes financeiros ou valores nominais multiplicados pela respectiva *duration* Modificada.

EXEMPLO 3.2.2:

Suponha que em 15/01/2019 um investidor vendeu inflação implícita referente aos meses de janeiro e fevereiro. Neste caso, o investidor comprou 50 contratos do DAP H19, com vencimento em 15/03/2019, a uma taxa de 2,20% a.a. e vendeu o DI1 J19, com vencimento 15 dias após o DAP, a taxa de 6,405% a.a..

Primeiramente, iremos calcular a inflação implícita que será vendida, conforme visto no capítulo 2. Para tal, consideraremos que a taxa prefixada é a taxa negociada no DI1 J19. Sabendo-se que entre 15/01/19 e 15/03/19 existem 41 dias úteis, então a taxa prefixada para este período é:

$$R_{15/01/19,15/03/19} = (1 + 6,405\%)^{41/252} - 1 = 1,015\%$$

Sabendo-se que o VNA era R\$ 5.100,61 em 15/01/2019, calcularemos a seguir o VNA do DAP em 15/01/2019, conforme visto no capítulo 2.

$$VNA_{15/01/2019}^{DAP} = \frac{100.000}{\frac{5.100,61}{5.100,61}} = 100.000$$

Dada taxa de 2,20% em 15/01/2019 para o DAP H19, sabemos então que o preço em pontos do contrato correspondia a 99.646,570022. Logo, podemos calcular a inflação implícita para janeiro e fevereiro:

$$II_{01/01/19,28/02/2019} = 99.646,570022 \times \frac{(1+1,015\%)}{100.000} - 1 = 0,658\%$$

Temos que em 15/01/2019 o PU do DAP pode ser calculado conforme abaixo.

$$PU_{DAP_{15/01/19}} = 99.646,570022 \times 5.100,61 \times R\$ 0,00025 = R\$ 127.064,57$$

Sabendo-se que em 15/01/2019 a *duration* modificada do DI1 e do DAP eram 0,194 e 0,159, respectivamente, e que o PU do DI1 correspondia a R\$ 98.727,105679, então a quantidade de DI1 para 50 DAPs será:

$$QTDE_{DI} \times PU_{DI} \times duration_{Modificada_{DI}} = QTDE_{DAP} \times PU_{DAP} \times duration_{Modificada_{DAP}}$$

$$QTDE_{DI} = 50 \times 127.064,57 \times \frac{0,159}{98.727,105679 \times 0,194} = 52,74$$

Portanto, como só é possível operar múltiplos de 5 contratos, utilizaremos 55 DI1.

Dado que o VNA em 15/03/2019 era R\$ 5.138,93 e que o DI efetivo entre 15/01/2019 e o vencimento do DAP foi 1,014%, o Fator de Correção dos contratos de DAP é:

$$FC = \frac{(1+1,014\%)}{\frac{5.138,93}{5.100,61}} = 1,0026076$$

No vencimento, o resultado do DAP será:

$$Resultado_{DAP} = 50 \times (99.646,570022 \times 1,0026076 - 100.000) \times 5.138,93 \times R\$ 0,00025 = - R\$ 6.012,00$$

O Fator de Correção dos contratos de DI é o próprio DI efetivo para o período somado a 1, ou seja, 1,01014.

Sabendo-se que foi encerrada a posição do DI1 com o PU de R\$ 99.729,372333, o resultado do DI1 será:

$$Resultado_{DI} = 55 \times (99.729,372333 - 98.727,105679 \times 1,01014) = R\$ 64,61$$

O resultado da operação será:

$$Resultado = - R\$ 6.012,00 + R\$ 64,61 = - R\$ 5.947,39$$

Podemos calcular a inflação realizada simplesmente dividindo-se os VNAs, conforme:

$$Inflação_{Realizada} = \frac{5.138,93}{5.100,61} - 1 = 0,75\%$$

Como podemos observar, a inflação realizada foi maior do que a inflação vendida pelo investidor. Por isso, o resultado desta operação foi negativo.

Podemos chegar ao mesmo resultado do investidor da seguinte forma:

Ao vender o DI1, o investidor paga o DI e recebe a taxa de juros prefixada, que nada mais é que o cupom de IPCA mais a inflação implícita. Ao mesmo tempo, ao comprar o DAP, o investidor paga a variação do IPCA mais o cupom de IPCA e recebe o DI. Portanto, o resultado da operação poderia ser obtido diretamente conforme a seguir:

$$Resultado_{direto} = M \times (1 + II) \times (1 + r) - M \times (1 + DI) + M \times (1 + DI) - M \times (1 + IPCA) \times (1 + r), \text{ onde:}$$

M é o montante investido, DI é a taxa DI acumulada no período, II é a inflação implícita para o período, $IPCA$ é a variação do IPCA no período e r é o cupom de IPCA.

$$Resultado_{direto} = M \times [(1 + II) \times (1 + r) - (1 + IPCA) \times (1 + r)]$$

$$Resultado_{direto} = M \times (1 + r) \times (II - IPCA)$$

Sabendo-se que existem 41 dias úteis entre 15/01/2019 e 15/03/2019, podemos chegar ao resultado direto conforme:

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = 50 \times \text{R\$ } 127.064,57 \times [(1 + 2,20\%)^{41/252} \times (0,658\% - 0,75\%)] = - \text{R\$ } 5.865,70$$

É importante ressaltar que a diferença de R\$81,69 entre o resultado da operação e do cálculo direto se deve aos arredondamentos, inclusive na quantidade de contratos de DI1.

3.2.3 Inflação Implícita com LTN + DAP

Ao utilizar a LTN para se operar a inflação implícita, assim como no caso do DI1, esbarra-se em uma questão prática: a LTN vence no dia primeiro, enquanto o DAP vence no dia quinze. Na prática, dado que a LTN de curto prazo é pouco volátil, utiliza-se a LTN de primeiro vencimento posterior ao vencimento do DAP, encerrando a posição no vencimento do DAP. Por existir esta pequena diferença, a *duration* Modificada do DAP será um pouco menor que da LTN, logo devemos calcular as quantidades de cada ativo igualando-se seus volumes financeiros ou valores nominais multiplicados pela respectiva *duration* Modificada. Além disso, cabe destacar que existe uma diferença conceitual ao se utilizar a LTN no lugar do *Swap* DI x Pre ou do DI1. Ao comprar a LTN, o investidor recebe a taxa prefixada, enquanto que no *Swap* DI x Pre ou no DI1 o investidor recebia (pagava) taxa prefixada e pagava (recebia) o DI do período, como visto nos exemplos 3.2.1 e 3.2.2.

EXEMPLO 3.2.3:

Suponha que em 15/01/2020 um investidor vendeu inflação implícita referente aos meses de janeiro e fevereiro. Neste caso, o investidor comprou 100 contratos do DAP H20, com vencimento em 16/03/2020, a uma taxa de 0,20% a.a. e comprou a LTN com vencimento 15 dias após o DAP, em 01/04/2020, a taxa de 4,27% a.a..

Primeiramente, iremos calcular a inflação implícita que será vendida, conforme visto no capítulo 2. Para tal, consideraremos que a taxa prefixada é da LTN. Sabendo-se que entre 15/01/20 e 16/03/20 existem 41 dias úteis, então a taxa prefixada para este período é:

$$R_{15/01/20,16/03/20} = (1 + 4,27\%)^{41/252} - 1 = 0,683\%$$

Sabendo-se que o valor VNA era R\$ 5.320,25 em 15/01/2020, calcularemos a seguir o VNA do DAP em 15/01/2020, conforme visto no capítulo 2.

$$VNA_{15/01/2020}^{DAP} = \frac{100.000}{\frac{5.320,25}{5.320,25}} = 100.000$$

Dada taxa de 0,20% em 15/01/2020 para o DAP H20, sabemos então que o preço em pontos do contrato correspondia a 99.967,498097. Logo, podemos calcular a inflação implícita para janeiro e fevereiro:

$$II_{01/01/20,28/02/2020} = 99.967,498097 \times \frac{(1+0,683\%)}{100.000} - 1 = 0,65\%$$

Temos que em 15/01/2020 o PU do DAP pode ser calculado conforme abaixo.

$$PU_{DAP_{15/01/20}} = 99.967,498097 \times 5.320,25 \times \text{R\$ } 0,00025 = \text{R\$ } 132.963,02$$

Sabendo-se que em 15/01/2020 a *duration* modificada da LTN e do DAP eram 0,20 e 0,162, respectivamente, e que o PU da LTN correspondia a R\$ 991,244445, então a quantidade de LTN para 100 DAPs será:

$$QTDE_{LTN} \times PU_{LTN} \times \textit{duration Modificada}_{LTN} = QTDE_{DAP} \times PU_{DAP} \times \textit{duration Modificada}_{DAP}$$

$$QTDE_{LTN} = 100 \times 132.963,02 \times \frac{0,162}{991,244445 \times 0,20} = 10.865,13$$

Portanto, como não é possível comprar frações de títulos públicos, utilizaremos 10.865 LTNs.

Dado que o VNA em 15/03/2020 era R\$ 5.344,75 e que o DI efetivo entre 15/01/2020 e o vencimento do DAP foi 0,679%, o Fator de Correção dos contratos de DAP é:

$$FC = \frac{(1+0,679\%)}{\frac{5.344,75}{5.320,25}} = 1,0021749$$

No vencimento, o resultado do DAP será:

$$Resultado_{DAP} = 100 \times (99.967,498097 \times 1,0021749 - 100.000) \times 5.344,75 \times R\$ 0,00025 = R\$ 24.708,43$$

Sabendo-se que a LTN foi vendida com o PU de R\$ 998,010861, o seu resultado será:

$$Resultado_{LTN} = 10.865 \times (998,010861 - 991,244445) = R\$ 73.517,11$$

O resultado da operação será:

$$Resultado = R\$ 24.708,43 + R\$ 73.517,11 = R\$ 98.225,54$$

Cabe ressaltar que o resultado acima inclui a rentabilidade do DI sobre o valor nominal inicial do DAP. Podemos desmembrar o resultado da diferença entre a inflação realizada e a implícita do ganho com o DI. Para tal, basta subtrairmos a rentabilidade do DI do resultado da operação, conforme:

$$Resultado_{inflacoes} = Resultado - Nominal_{DAP} \times DI$$

$$Resultado_{inflacoes} = R\$ 98.225,54 - 100 \times R\$ 132.963,02 \times 0,679\% = R\$ 7.943,65$$

Podemos calcular a inflação realizada simplesmente dividindo-se os VNAs, conforme:

$$Inflação_{Realizada} = \frac{5.344,75}{5.320,25} - 1 = 0,46\%$$

Como podemos observar, a inflação realizada foi menor do que a inflação vendida pelo investidor. Por isso, o resultado desta operação foi positivo.

Podemos chegar ao mesmo resultado do investidor da seguinte forma:

Ao comprar a LTN, o investidor recebe a taxa de juros prefixada, que nada mais é que o cupom de IPCA mais a inflação implícita. Ao mesmo tempo, ao comprar o DAP, o investidor paga a variação do IPCA mais o cupom de IPCA e recebe o DI. Portanto, o resultado da operação poderia ser obtido diretamente conforme a seguir:

$$Resultado_{direto} = M_1 \times (1 + II) \times (1 + r) + M_2 \times (1 + DI) - M_2 \times (1 + IPCA) \times (1 + r), \text{ onde:}$$

M_1 é o montante investido em LTN, M_2 é o valor nominal investido no DAP, DI é a taxa DI acumulada no período, II é a inflação implícita para o período, $IPCA$ é a variação do IPCA no período e r é o cupom de IPCA.⁴

$$Resultado_{direto} = M_1 \times [(1 + II) \times (1 + r) - 1] + M_2 \times [(1 + DI) - (1 + IPCA) \times (1 + r)]$$

$$Resultado_{direto} = 10.865 \times 991,244445 \times [(1 + 0,65\%) \times (1 + 0,20\%)^{41/252} - 1] + 100 \times 132.963,02 \times [(1 + 0,679\%) - (1 + 0,46\%) \times (1 + 0,20\%)^{41/252}] = R\$ 98.304,53$$

É importante ressaltar que a diferença de R\$78,99 entre o resultado da operação e do cálculo direto se deve aos arredondamentos, inclusive na quantidade de LTNs.

⁴Neste exemplo, por existir diferença relevante nas *durations* da LTN e do DAP, o montante de cada instrumento também teve diferença significativa.

3.3 NTN-B Sintética

Atualmente, não há liquidez de NTN-Bs principais, aquelas que não pagam cupons, no mercado secundário. Caso um investidor deseje, ele pode montar uma operação para realizar a NTN-B principal sintética. Neste caso, deve-se vender o DAP e comprar um ativo que renda o CDI, ambos no mesmo montante ou valor nominal do investimento desejado em NTN-B principal.

EXEMPLO 3.3:

Suponha que em 15/05/2019 um investidor gostaria de investir R\$ 1.255.314,05 em NTN-B principal com vencimento em 15/08/2020. Por não haver liquidez no mercado secundário para a NTN-B principal, ele decide vender o DAP Q20 e investir em um ativo pós-fixado que rende 100% do DI.

Sabendo-se que em 15/05/2019 o investidor vendeu o DAP Q20 a taxa de 2,92% a.a., correspondente ao PO de 96.433,176186 e que o índice IPCA Pro-rata (PRT) era 5.206,98 neste dia, o PU será:

$$PU_{DAP_{15/05/19}} = R\$0,00025 \times 96.433,176186 \times 5.206,98 = R\$ 125.531,404934$$

A quantidade de DAP necessária será:

$$QTDE_{DAP_{15/05/19}} = \frac{R\$1.255.314,05}{R\$125.531,404934} = 10$$

Para o resultado do DAP será necessário calcular o fator de correção que, conforme visto no capítulo 2, corresponde à diferença entre o DI e a variação do IPCA do período entre 15/05/2019 e 17/08/2020. Dado o VNA em 17/08/2020 de 5.344,63, podemos calcular a variação do IPCA realizada simplesmente dividindo-se os VNAs. Sabendo também que o DI efetivo acumulado entre 15/05/2019 e 17/08/2020 foi 5,72%, então o fator de correção é:

$$\Delta_{IPCA_{15/05/19;17/08/20}} = \frac{5.344,63}{5.206,98} - 1 = 0,0264357$$

$$FC_{15/05/19;17/08/20} = \frac{1+DI_{15/05/19;17/08/20}}{1+\Delta_{IPCA_{15/05/19;17/08/20}}} = \frac{1+5,72\%}{1+0,0264357} = 1,029972$$

Logo, o resultado do DAP pode ser obtido conforme abaixo:

$$Resultado_{DAP} = 10 \times (100.000 - 96.433,176186 \times 1,029972) \times 5.344,63 \times R\$0,00025 = R\$ 9.039,49$$

Finalmente, o resultado da operação será a soma do resultado do DAP com o rendimento de 100% do DI sobre o montante inicial, conforme abaixo:

$$Resultado = R\$ 9.039,49 + R\$ 1.255.314,05 \times 5,72\% = R\$ 80.843,45$$

Logo, a rentabilidade desta operação foi:

$$Rentabilidade = \frac{R\$80.843,45}{R\$1.255.314,05} = 6,44\%$$

Suponha que em 15/05/2019, a NTN-B principal com mesmo vencimento do DAP era negociada a mesma taxa do DAP, de 2,92% a.a.. Sabendo-se que existem 318 dias úteis entre 15/05/2019 e 17/08/2020 e que a NTN-B rende a parcela prefixada mais a variação do IPCA, calculada acima, podemos calcular a rentabilidade caso o investidor houvesse comprado a NTN-B ao invés de montar a operação com o DAP:

$$Rentabilidade_{NTN-B} = [(1 + 2,92\%)^{381/252}] \times (1 + 0,0264357) - 1 = 6,44\%$$

Logo, verificamos que a rentabilidade da NTN-B sintética é igual à rentabilidade da NTN-B principal.

3.4 Taxas *Forward*

Estruturar operações de taxas *forward* consiste basicamente em comprar (vender) uma taxa para um determinado vencimento e vender (comprar) a taxa para outro vencimento, diferente do primeiro. Existem duas estruturas possíveis, uma é o *Forward Rate Agreement*, ou seja, a taxa entre duas datas futuras; a outra é a inclinação da curva de juros, ou seja, o diferencial de taxas entre o vencimento mais longo e o mais curto.

3.4.1 *Forward Rate Agreement*

Conforme visto anteriormente, no capítulo 2, o *Forward Rate Agreement* é a taxa de juros entre duas datas futuras. No mercado brasileiro, com a introdução do DAP, apostas nestas taxas reais futuras tornaram-se comuns. A estrutura consiste em investir em dois vértices futuros na curva de juros reais. No caso de compra de taxa de juros real forward, deve-se vender o vértice curto e comprar o vértice longo. No caso de venda, basta realizar a operação inversa.

Para o cálculo da quantidade de contratos de cada vértice, no caso de utilização apenas do DAP, deve-se igualar os valores nocionais totais de ambos os vértices, e nos casos de utilização da NTN-B com DAP, deve-se igualar o financeiro total da NTN-B com o valor nocional total do DAP.

EXEMPLO 3.4.1:

Suponha que em 08/10/2018 um investidor decidiu vender a taxa de juros reais forward para o ano de 2019, ou seja, comprou 100 contratos do DAP F19 a taxa de 1,63%, com vencimento em 15/01/2019, e vendeu o DAP F20 a taxa de 3,14%, com vencimento em 15/01/2020. O investidor encerrou a posição em 17/12/2018, negociando o DAP F19 a 5,62% e o DAP F20 a 2,95%.

Primeiramente, iremos calcular a taxa real forward em 08/10/2018 entre o DAP F19 e F20, conforme visto no capítulo anterior. Sabendo-se que entre 08/10/2018 e 15/01/2019 existem 66 dias úteis e entre 08/10/2018 e 15/01/2020 existem 319 dias úteis, então:

$$F_{08/10/18;15/01/19;15/01/20} = \frac{DU_{15/01/19,15/01/20}}{(1+R_{08/10/18;15/01/19})^{DU_{08/10/18,15/01/19}}} \sqrt{\frac{(1+R_{08/10/18;15/01/20})^{DU_{08/10/18,15/01/20}}}{(1+R_{08/10/18;15/01/19})^{DU_{08/10/18,15/01/19}}}} - 1$$

$$F_{08/10/18;15/01/19;15/01/20} = \sqrt[319-66]{\frac{(1+3,14\%)^{319}}{(1+1,63\%)^{66}}} - 1 = 3,54\%$$

Para o resultado da operação, devemos calcular o número necessário de contratos do DAP F20 que serão vendidos. Para tal, iremos calcular os valores nocionais de cada contrato, sabendo-se que o índice VNA era 5.075,710864 e que o preço em pontos, dadas as taxas negociadas em 08/10/2018, correspondiam a 99.577,4325 no caso do DAP F19 e a 96.161,883720 no caso do DAP F20.

$$PU_{F19}^{08/10/18} = PO_{F19}^{08/10/18} \times PRT_{F19}^{08/10/18} \times \text{R\$ } 0,00025$$

$$PU_{F19}^{08/10/18} = 99.577,4325 \times 5.075,710864 \times \text{R\$ } 0,00025 = \text{R\$ } 126.356,56$$

$$PU_{F20}^{08/10/18} = PO_{F20}^{08/10/18} \times PRT_{F20}^{08/10/18} \times \text{R\$ } 0,00025$$

$$PU_{F20}^{08/10/18} = 96.161,883720 \times 5.075,710864 \times \text{R\$ } 0,00025 = \text{R\$ } 122.022,48$$

Logo, a quantidade de DAP F20 será:

$$Qtde_{F19} \times PU_{F19}^{08/10/18} = Qtde_{F20} \times PU_{F20}^{08/10/18}$$

$$Qtde_{F20} = 100 \times \frac{126.356,56}{122.022,48} = 103,55$$

Adotaremos 105 contratos do DAP F20, pois só é possível negociar múltiplos de 5 contratos.

Dado o VNA em 17/12/2018 de R\$ 5.092,97 e o DI efetivo de 1,16% entre 08/10/2018 e 17/12/2018, o fator de correção pode ser calculado conforme abaixo:

$$FC = \frac{(1+1,16\%)}{\frac{5.092,97}{5.075,710864}} = 1,00817187$$

Em 17/12/2018 sabendo-se que o preço em pontos, dadas as taxas negociadas em neste dia, correspondiam a 99.577,4325 no caso do DAP F19 e a 96.910,661429 no caso do DAP F20, o resultado dos DAPs serão:

$$Resultado_{F19} = 100 \times (99.577,4325 \times 1,00817187 - 99.588,597136) \times 5.092,97 \times R\$0,00025$$

$$Resultado_{F19} = R\$ 102.194,16$$

$$Resultado_{F20} = 105 \times (96.910,661429 \times 1,00817187 - 96.161,883720) \times 5.092,97 \times R\$0,00025$$

$$Resultado_{F20} = R\$ 205.979,44$$

O resultado final da operação será:

$$Resultado = R\$ 102.194,16 + R\$ 205.979,44 = R\$ 308.173,60$$

Sabendo-se que entre 17/12/2018 e 15/01/2019 existem 19 dias úteis e entre 17/12/2018 e 15/01/2020 existem 272 dias úteis, a taxa real forward em 17/12/2018 entre o DAP F19 e F20 é:

$$F_{17/12/18;15/01/19;15/01/20} = {}^{DU}_{15/01/19,15/01/20} \sqrt{\frac{(1+R_{17/12/18;15/01/20})^{DU_{17/12/18,15/01/20}}}{(1+R_{17/12/18;15/01/19})^{DU_{17/12/18,15/01/19}}}} - 1$$

$$F_{17/12/18;15/01/19;15/01/20} = {}^{272-19} \sqrt{\frac{(1+2,95\%)^{272}}{(1+5,62\%)^{19}}} - 1 = 2,75\%$$

Como é possível verificar, a taxa real forward entre o DAP F19 e F20 era 3,54% em 08/10/2018 e 2,75% em 17/12/2018. Devido ao investidor ter vendido a taxa forward e à diminuição desta, houve lucro na operação.

3.4.2 Inclinação da Curva de Juros Reais

A inclinação da curva de juros nada mais é que o diferencial de juros entre dois vértices. Diversos fatores afetam a inclinação, dentre os quais pode-se citar a política monetária, definida pelo Banco Central, expectativas de inflação, percepção de risco do país e expectativas sobre a atividade econômica. Estes fatores têm importâncias diferentes, variando para cada vértice da curva. Comprar ou vender a inclinação da curva de juros reais é bastante comum no mercado brasileiro, principalmente após o lançamento do DAP.

Comprar (vender) a inclinação da curva de juros reais entre dois vértices, um curto e outro longo, é análogo a apostar em um dos dois fatores descritos abaixo ou ambos simultaneamente:

- i Variação negativa (positiva) da taxa de juro real curta;
- ii Variação positiva (negativa) da taxa de juro real longa;

Para o cálculo do número de contratos de cada vértice, deve-se igualar o valor nocional total de cada vértice multiplicado pela respectiva *duration* Modificada, de forma que movimentos paralelos nas taxas de juros reais destes vértices sejam compensados entre ambos. Por exemplo, supondo-se que um investidor venda o DAP Q20 e compre o DAP K21 e que no dia seguinte ambos os vértices variem positivamente 0,1%, a perda com o DAP Q20 será compensada integralmente pelo DAP K21. Por outro lado, caso haja movimentos não paralelos, haverá ganho ou perda.

EXEMPLO 3.4.2:

Suponha que em 11/11/2019 o DAP Q20 era negociado a taxa de 0,40% e o DAP Q22 a taxa de 1,39%, ou seja, a inclinação entre estes vértices era de 0,99%. Um investidor decidiu comprar inclinação da curva de juros reais entre estes vértices, ou seja, vendeu 100 contratos do DAP Q20 e comprou o DAP Q22. O investidor encerrou a posição em 14/11/2019, com as taxas dos DAPs Q20 e Q22 de 0,17% e 1,41%, respectivamente.

Primeiramente, sabendo-se que o VNA em 11/11/2019 era R\$ 5.232,160059, iremos calcular o número necessário de contratos do DAP Q22. Para tal, iremos calcular os valores nocionais de cada contrato, conforme abaixo, dados os preços em pontos em 11/11/2019 dos DAPs Q20 e Q22 de 99.697,887415 e 96.280,248333, respectivamente.

$$PU_{Q20}^{11/11/19} = PO_{Q20}^{11/11/19} \times PRT_{Q20}^{11/11/19} \times \text{R\$ } 0,00025$$

$$PU_{Q20}^{11/11/19} = 99.697,887415 \times 5.232,160059 \times \text{R\$ } 0,00025 = \text{R\$ } 130.408,83$$

$$PU_{Q22}^{11/11/19} = PO_{Q22}^{11/11/19} \times PRT_{Q22}^{11/11/19} \times \text{R\$ } 0,00025$$

$$PU_{Q22}^{11/11/19} = 96.280,248333 \times 5.232,160059 \times \text{R\$ } 0,00025 = \text{R\$ } 125.938,42$$

Em seguida, sabendo que a *duration* modificada do DAP Q20 é 0,755 e do DAP Q22 é 2,708, a quantidade de DAP Q22 necessária será:

$$PU_{Q20}^{11/11/19} \times \text{duration Modificada}_{Q20}^{11/11/19} \times Qtd_{Q20} = PU_{Q22}^{11/11/19} \times \text{duration Modificada}_{Q22}^{11/11/19} \times Qtd_{Q22}$$

$$Qtd_{Q22} = 100 \times 0,755 \times \frac{130.408,83}{2,708 \times 125.938,42} = 28,87$$

Utilizaremos 30 contratos do DAP Q22 pois só é possível negociar múltiplos de 5 contratos.

Entre 11/11/2019 e 14/11/2019 o DI acumulado foi 0,057% e o VNA em 14/11/2019 é 5.232,8425, portanto o fator de correção pode ser calculado conforme abaixo:

$$FC = \frac{(1+0,057\%) \times 5.232,8425}{5.232,160059} = 1,00013043$$

Em 14/11/2019, o preço em pontos correspondente ao DAP Q20 era 99.873,362536 e do DAP Q22 era 96.244,155893. Então os resultados dos DAPs serão:

$$Resultado_{Q20} = 100 \times (99.873,362536 \times 1,00013043 - 99.697,887415) \times 5.232,8425 \times \text{R\$ } 0,00025$$

$$Resultado_{Q20} = \text{R\$ } 24.660,01$$

$$Resultado_{Q22} = 30 \times (96.280,248333 \times 1,00013043 - 96.244,155893) \times 5.232,8425 \times \text{R\$ } 0,00025$$

$$Resultado_{Q22} = \text{R\$ } 1.909,35$$

O resultado final da operação será:

$$\text{Resultado} = \text{R\$ } 24.660,01 + \text{R\$ } 1.909,35 = \text{R\$ } 26.569,36$$

Como é possível verificar, a curva que tinha inclinação de 0,99% em 11/11/2019 passou a ter inclinação de 1,24% em 14/11/2019. Devido ao investidor ter comprado inclinação e ao aumento desta, houve lucro na operação.

3.5 Intermediação Financeira

Em intermediações financeiras, instituições realizam operações assumindo uma posição em uma ponta e realizando operações, não necessariamente através do mesmo instrumento, em que assumem posição construtiva na outra ponta. O lucro da operação é o *spread* da taxa entre as duas pontas. Exemplo disso são operações em que clientes fecham *swaps* DI x IPCA com bancos e estes fazem a ponta inversa no DAP.⁵

EXEMPLO 3.5:

Suponha que em 15/01/2020 uma empresa tinha uma dívida de R\$ 10.000.000,00 indexada ao DI, com vencimento em 15/05/2020. Esta empresa, com o objetivo de trocar a indexação do DI para o IPCA, compra um *swap* DI x IPCA de um banco, a taxa de 2,0% a.a. e vencimento coincidente com sua dívida. Este banco deve assumir a ponta inversa ao do *swap*, ou seja, se este banco está vendido no *swap*, ele compra o DAP K20, com vencimento também em 15/05/2020, a taxa de 1,80% a.a. Sabe-se que o DI acumulado no período de 15/01/2020 e 15/05/2020 foi de 1,26%.

Primeiramente, sabendo-se que em 15/01/2020 o VNA era R\$ 5.320,25 e que o preço em pontos do DAP H19 correspondia a 99.421,176404, calcularemos a quantidade de DAP necessária para o banco comprar.

$$PU_{DAP_{15/01/20}} = R\$0,00025 \times 99.421,176404 \times 5.320,25 = R\$ 132.236,378441$$

A quantidade de DAP necessária será:

$$QTDE_{DAP} = \frac{R\$10.000.000,00}{R\$132.236,378441} = 75,62$$

Logo, como só é possível negociar múltiplos de 5 contratos, o banco compra 75 DAP K20.

Para calcular o resultado do DAP, será necessário calcular o fator de correção que, conforme visto no capítulo 2, corresponde à diferença entre o DI e a variação do IPCA do período entre 15/01/2020 e 15/05/2020. Dado o VNA em 15/05/2020 de 5.331,91, podemos calcular a variação do IPCA realizada simplesmente dividindo-se os VNAs, conforme:

$$\Delta_{IPCA_{15/01/20;15/05/20}} = \frac{5.331,91}{5.320,25} - 1 = 0,0021916$$

$$FC_{15/01/20;15/05/20} = \frac{1 + DI_{15/01/20;15/05/20}}{1 + \Delta_{IPCA_{15/01/20;15/05/20}}} = \frac{1 + 1,26\%}{1 + 0,0021916} = 1,01038561$$

Logo, o resultado do DAP pode ser obtido conforme abaixo:

$$Resultado_{DAP} = 75 \times (99.421,176404 \times 1,01038561 - 100.000) \times 5.331,91 \times R\$0,00025 = R\$ 45.360,61$$

Ao vender o *swap* DI x IPCA, o banco recebe a variação do IPCA mais o cupom de IPCA e paga o DI. Portanto, sabendo-se que existem 82 dias úteis entre 15/01/2020 e 15/05/2020, o resultado deste *swap* para o banco pode ser calculado da seguinte forma:

$$Resultado_{swap} = M \times (1 + IPCA) \times (1 + r) - M \times (1 + DI), \text{ onde:}$$

⁵O risco do banco não é zero, pois existe o risco de não pagamento por parte do cliente que realizou o *swap*, apesar de não existir risco de taxa de juros, por exemplo.

M é o montante inicial do *aswap*, DI é a taxa DI acumulada no período, $IPCA$ é a variação do IPCA no período e r é o cupom de IPCA.

$$\text{Resultado}_{\text{swap}} = \text{R\$ } 10.000.000,00 \times [(1 + 0,219\%) \times (1 + 2,0\%)^{82/252} - (1 + 1,26\%) \times] = - \text{R\$ } 39.313,25$$

Logo, o resultado final para o banco foi:

$$\text{Resultado} = \text{R\$ } 45.360,61 - \text{R\$ } 39.313,25 = \text{R\$ } 6.047,36$$

Este resultado nada mais é do que a variação do IPCA no período mais a diferença do cupom de IPCA que o banco vendeu no *swap* e que comprou no DAP, como podemos verificar de forma direta abaixo:

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = M \times (1 + IPCA) \times (1 + r_{\text{swap}}) - M \times (1 + DI) + M \times (1 + DI) - M \times (1 + IPCA) \times (1 + r_{\text{dap}}), \text{ onde:}$$

M é o montante inicial, DI é a taxa DI acumulada no período, $IPCA$ é a variação do IPCA no período, r_{swap} é o cupom de IPCA que o banco vendeu no *swap* e r_{dap} é o cupom de IPCA que o banco comprou no DAP.

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = M \times (1 + IPCA) \times (r_{\text{swap}} - r_{\text{dap}})$$

$$\text{Resultado}_{\text{direto}} = \text{R\$ } 10.000.000,00 \times (1 + 0,219\%) \times \{[(1 + 2,0\%)^{82/252} - 1] - [(1 + 1,8\%)^{82/252} - 1]\} = \text{R\$ } 6.439,91$$

É importante ressaltar que a diferença de R\$ 392,55 entre o resultado da operação e do cálculo direto se deve aos arredondamentos, inclusive na quantidade de DAP.

3.6 Especulação Sobre Cupom de IPCA (Com Ajustes Diários)

Operações que envolvem a especulação sobre o Cupom de IPCA consistem, simplesmente, em vender essa taxa, caso o investidor deseje apostar em sua queda, ou comprá-la, caso deseje apostar em sua alta.

EXEMPLO 3.6:

Suponha que em 06/07/2020, um investidor entende que o Cupom de IPCA com vencimento em 15/08/2020, negociado através do DAP Q20, está alto. Este investidor decide vender o DAP Q20, apostando em sua queda no curto prazo, no montante total de R\$ 3.314.491,93. Por se tratar de um derivativo, não há desembolso de caixa inicial, diferentemente de títulos, como a NTN-B. Logo, o investidor aplica este montante no *over* à 100% da taxa DI.⁶

Sabendo-se que em 06/07/2020 o investidor vendeu o DAP Q20 a taxa de 2,96% a.a., correspondente ao PO de 99.653,335876 e que o índice IPCA Pro-rata (PRT) era 5.322,51 neste dia, o PU será:

$$PU_{DAP_{06/07/20}} = \text{R\$}0,00025 \times 99.653,335876 \times 5.322,51 = \text{R\$ } 132.601,458222$$

A quantidade de DAP necessária será:

$$QTDE_{DAP_{06/07/20}} = \frac{\text{R\$}3.314.491,93}{\text{R\$}132.601,458222} = 25$$

⁶O *over* consiste em uma operação compromissada na qual um investidor aplica determinado montante em uma instituição financeira, com prazo de um dia, e recebe como garantia títulos públicos. Após um dia, o investidor recebe o montante corrigido pela taxa acordada, que usualmente é um percentual da taxa DI, e devolve os títulos públicos à instituição financeira.

Para o resultado do DAP, será necessário calcular o fator de correção que, conforme visto no capítulo 2, corresponde à diferença entre o DI e a variação do IPCA. Dados a taxa DI de 1,90% a.a. para todo o período e os índices Pró-rata do IPCA de 5323,23 e 5323,96 para os dias 07 e 08/07/20, respectivamente, podemos calcular os fatores de correção dos dias 07 e 08/07/20, conforme abaixo.

$$\Delta_{IPCA}_{06/07/20;07/07/20} = \frac{5.323,23}{5.222,51} - 1 = 0,013617\%$$

$$\Delta_{IPCA}_{07/07/20;08/07/20} = \frac{5.323,96}{5.323,23} - 1 = 0,013617\%$$

$$FC_{06/07/20;07/07/20} = \frac{1+DI_{06/07/20;07/07/20}}{1+\Delta_{IPCA}_{06/07/20;07/07/20}} = \frac{(1+1,90\%)^{(1/252)}}{1+0,013617\%} = 0,99993853$$

$$FC_{07/07/20;08/07/20} = \frac{1+DI_{07/07/20;08/07/20}}{1+\Delta_{IPCA}_{07/07/20;08/07/20}} = \frac{(1+1,90\%)^{(1/252)}}{1+0,013617\%} = 0,99993853$$

Em 06/07/2020, o preço de ajuste em pontos do DAP Q20 foi de 99.657,945850, portanto o fluxo de caixa do investidor neste dia será:

$$Resultado_{06/07/20} = 25 \times (99.657,945850 - 99.653,335876) \times 5.322,51 \times R\$0,00025 = R\$ 153,33$$

Já para o dia 07/07/2020, o preço de ajuste em pontos foi de 99.672,672665. Logo, o resultado do DAP para o investidor, neste dia, será:

$$Resultado_{07/07/20} = 25 \times (99.672,672665 - 99.657,945850 \times 0,99993853) \times 5.323,23 \times R\$0,00025 = R\$ 693,66$$

Este investidor encerra a posição em 08/07/2020 a taxa de 2,86%, correspondendo ao PO de 99.687,171948. Neste dia, o fluxo de caixa será:

$$Resultado_{08/07/20} = 25 \times (99.687,171948 - 99.672,672665 \times 0,99993853) \times 5.323,96 \times R\$0,00025 = R\$ 686,21$$

Por fim, admitindo-se que o investidor aplicou os fluxos de caixa recebidos através dos ajustes diários no *over*, temos que o resultado final da operação será a soma dos ajustes diários corrigidos pela taxa DI do período correspondente a cada um mais o rendimento da aplicação do valor correspondente ao valor nominal do DAP, também no *over*, conforme abaixo.

$$Resultado_{Final} = R\$ 153,33 \times (1 + 1,90\%)^{2/252} + R\$ 693,66 \times (1 + 1,90\%)^{1/252} + R\$ 686,21 + R\$ 3.314.491,93 \times [(1 + 1,90\%)^{2/252} - 1] = R\$ 2.028,42$$

Finalmente, suponha agora que em 06/07/2020, o investidor tenha aplicado todo o valor diretamente em NTN-Bs, e não mais no DAP e no *over*, vendendo os papéis em 08/07/2020. Admitindo-se que as taxas de compra e venda das NTN-Bs sejam iguais às do DAP, os PUs correspondentes à compra e venda seriam R\$ 3.382,134622 e R\$ 3.384,204443, respectivamente. Uma vez que o montante de R\$ 3.314.491,93 equivale a 980 NTN-Bs em 06/07/2020, pode-se obter o resultado da operação conforme abaixo.

$$Resultado_{NTN-B} = 980 \times (R\$ 3.384,204443 - R\$ 3.382,134622) = R\$ 2.028,42$$

Ou seja, pode-se notar que o resultado final da operação é igual, aplicando-se na NTN-B ou no DAP e no *over*, apesar de os fluxos de caixa para o investidor serem diferentes, uma vez que com o DAP existem ajustes diários de posições e com as NTN-Bs isto não ocorre.⁷

⁷É importante frisar que, apesar de o exemplo ter utilizado o *over*, independentemente do instrumento utilizado, caso o investidor aplique o montante inicial e as entradas de caixa à 100% da taxa DI, ambos resultados serão iguais.

Capítulo 4

Conclusão

Dado o histórico inflacionário brasileiro, os títulos públicos indexados ao IPCA, as NTN-Bs, possuem alta representatividade na dívida do país e, conseqüentemente, alta liquidez. Neste sentido, o DAP é um instrumento poderoso de *hedge* destes títulos, uma vez que seu ativo-objeto é o Cupom de IPCA, taxa também negociada nas NTN-Bs, além de todas as outras características do contrato, descritas neste trabalho. Por ser extremamente escassa a literatura sobre o DAP, este trabalho visa preencher esta lacuna, auxiliando os agentes de mercado na correta precificação e estruturação de operações. Para isso, o autor buscou explorar o conceito e a utilização deste derivativo, que é negociado em bolsa, combinando com diversos instrumentos do mercado à vista e futuro, negociados em bolsa e balcão.

Foi explorada também a diferença entre o Cupom de IPCA e a taxa de juros real, uma vez que existe defasagem entre a apuração do IPCA, que é feita do primeiro ao último dia do mês correspondente, e sua divulgação pelo IBGE, no mês posterior.

Além disso, também foi explorado o possível descasamento de fluxo de caixa para o investidor, uma vez que os diferentes instrumentos utilizados possuem características distintas. Alguns destes, como os contratos futuros, apresentam ajustes diários de posições; alguns outros possuem pagamentos de cupons, como é o caso de alguns títulos públicos e privados; alguns apenas possuem fluxo de caixa no encerramento da posição, como é o caso de *swaps*; e outros possuem fluxo de caixa na abertura e encerramento da posição, como é o caso de títulos públicos e privados sem cupons. Entretanto, pôde-se concluir que, independentemente do fluxo de caixa realizado, caso o investidor utilize as entradas de caixa para realizar aplicações à 100% da taxa DI, o resultado da operação é o mesmo.

Desta forma, a fim de atingir o objetivo deste trabalho, foram apresentados os conceitos de *duration*, *modified duration*, *Forward Rate Agreement* (FRA), além dos conceitos e metodologia de precificação do Contrato Futuro de Cupom de IPCA (DAP), do Contrato Futuro de DI de um dia (DI1), do *Swap* DI x IPCA, do *Swap* DI x Pre, das Letras do Tesouro Nacional (LTNs), das Notas do Tesouro Nacional Série B (NTN-B) e da inflação implícita.

Por fim, combinando os diversos instrumentos, foram apresentadas as estruturas de investimentos, explicitando os cálculos e conceitos de cada uma. Dentre estas, é possível citar a inflação implícita, as taxas *forward*, a inclinação da curva de juros reais, a troca de indexadores de ativos indexados ao IPCA para prefixado ou pós-fixado à taxa DI, a NTN-B sintética e a intermediação financeira.

Para todas as estruturas, foram apresentados exemplos práticos, nos quais ficou claro que existem especificidades que devem ser tratadas ou simplificadas na construção das operações. Como exemplo disto, pode-se citar a existência de lotes mínimos de negociação para contratos futuros, imposta pela B3; a compra ou venda de inflação implícita utilizando-se o DAP e o DI1 ou LTN,

dado que existe defasagem de 15 dias entre seus vencimentos; e a troca de indexação da NTN-B de IPCA para pós-fixada utilizando-se o DAP, uma vez que as NTN-Bs, quando ainda têm cupom a pagar, possuem *duration* inferior ao DAP.

Referências Bibliográficas

Araujo, G. S. e Vicente, J. V. (2018). Estimation of implicit short-term inflation. *Brazilian Review of Finance*, 15(2):227–250.

B3 (2017). Pricing manual futures contracts. Technical report.

Bertinat, N. (2016). Futuro de cupom de ipca: Uma nova ferramenta no mercado de derivativos de juros no brasil. *Resenha da BolsaVol*, 4.

Christensen, Jens et al. (2018). Do adjustment lags matter for inflation-indexed bonds? *FRBSF Economic Letter*, 2018:08.

de Freitas Val, F. e Araujo, G. S. (2019). Breakeven inflation rate estimation: an alternative approach considering indexation lag and seasonality.

Hull, J. C. (2003). *Options futures and other derivatives*. Pearson Education India.

Kubudi, D. et al. (2016). A joint model of nominal and real yield curves. Technical report.

Vicente, J. V. M. e Graminho, F. M. (2015). Decompondo a inflação implícita. *Revista Brasileira de Economia*, 69(2):263–284.

Vicente, J. V. M. e Guillen, O. T. d. C. (2013). Do inflation-linked bonds contain information about future inflation? *Revista Brasileira de Economia*, 67(2):251–260.