

**FELIX BONA NETO**

**MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCO CAMBIAL EM  
MERCADOS FUTUROS**

Trabalho de formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção.

**São Paulo  
2012**



**FELIX BONA NETO**

**MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCO CAMBIAL EM  
MERCADOS FUTUROS**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr. Reinaldo  
Pacheco da Costa

**São Paulo  
2012**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Bona Neto, Felix**  
**Modelo de Gerenciamento de Risco Cambial em Mercados**  
**Futuros / F. Bona Neto. -- São Paulo, 2012.**  
**107 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.Mercado financeiro 2.Política cambial I.Universidade de  
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia  
de Produção II.t.**

Aos meus pais, minha irmã e meus avós



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e minha irmã que me auxiliaram durante estes longos anos de estudo, sempre presentes durante as decisões difíceis.

Aos meus avós que sempre me apoiaram na escolha da carreira de engenharia e pela ajuda que recebi durante todo o curso do meu avô, também politécnico.

A todos os meus familiares que de alguma forma me ajudaram com conselhos e palavras de motivação.

Aos meus colegas de trabalho que me ajudaram com explicações e companheirismo.

Aos professores da Escola Politécnica da USP por todos esses anos de ensino e apoio.



## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo analisar os riscos presentes no mercado cambial brasileiro e os impactos das novas restrições aplicadas pelo Banco Central aos bancos presentes no país. Um efeito destas novas restrições foi a necessidade de criação de novos métodos de análise de risco das operações cambiais. Ao final do trabalho é exposto um modelo que visa diminuir o risco cambial provenientes das novas medidas.

Em uma primeira fase do trabalho serão expostos os termos e cálculos necessários para compreender os riscos envolvidos nos produtos mais importantes do mercado cambial. Após as definições necessárias será exposto o modelo e uma simulação com dados reais.

O modelo resultou em uma diminuição do risco cambial do banco onde ele foi aplicado e de um aumento da receita proveniente dessa diminuição do risco.

**Palavras-chave:** Mercado Financeiro, Risco Cambial, *NDF, Casado*



## **ABSTRACT**

This study analyses the implied risks present in the currency markets in Brazil, as well as the impacts from the new restrictions applied by the Central Bank to all the banks in the country. One effect of these new restrictions was the creation of new risks analysis methods in the currency markets. At the end of this project is presented a model that decreases the risks created by the new restrictions.

In the first part of this study there will be the definitions necessary to better comprehend the risks involved in the major currency products available in Brazil. After all the definitions, the model will be explained, followed by a simulation using real data.

The model resulted in a decrease in the currency risk of the bank, as well as an increase in the income.

**Keywords:** Financial Markets, Currency Risks, NDF, Casado



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Cotação do dólar (1999 - 2012) .....	27
Ilustração 2 - Cotação do dólar e quantidade de dólares aplicados por estrangeiros no Brasil .....	28
Ilustração 3 - Exemplo de um fluxo de caixa.....	29
Ilustração 4 - Fórmula para cálculo da taxa SELIC (fonte: BACEN).....	33
Ilustração 5 - Níveis de cotação no caso do dólar futuro .....	36
Ilustração 6 - Tela principal do feeder da Agência Estado .....	37
Ilustração 7 - Fluxo de caixa de um operador comprado em dólar futuro .....	41
Ilustração 8 - Fluxo de caixa resultante de uma operação de rolagem.....	42
Ilustração 9 - Gráfico de PNL de um operador que compra um contrato futuro de DI a 9% ao ano .....	43
Ilustração 10 – Fluxo de caixa de um operador que vende um contrato com vencimento em janeiro de 2015 .....	44
Ilustração 11 – Fluxo de caixa de uma operação de DDI .....	46
Ilustração 12 - Taxas envolvidas em um contrato de FRA .....	48
Ilustração 13 - Operações necessárias para fixar a cotação do dólar para uma data futura .....	51
Ilustração 14 - Gráfico de PNL de um operador que compra contratos futuros de dólar a 1,85 USDBRL.....	53
Ilustração 15 - Convenção de datas da curva de dólar .....	60
Ilustração 16 - Vértices de uma curva de dólar .....	61
Ilustração 17 - Fluxo de caixa de uma operação de casado .....	66
Ilustração 18 - Fluxo de caixa genérico de um Swap Cambial.....	68
Ilustração 19 - Fluxo de uma NDF negociada em D0 com o cliente .....	74
Ilustração 20 - Fluxo de um swap 100% CDI contra i% de USD ao ano .....	76
Ilustração 21 - Fluxo de caixa de um swap Fixed-to-Float 3 meses após o seu início .....	76
Ilustração 22 - Gráfico de PNL com variações de 1% na taxa pré do período .....	79
Ilustração 23 - Gráfico de PNL com variações de 1% na taxa cupom do período ....	80



Ilustração 24 - Gráfico com a distribuição do GAP ao longo do período.....	93
Ilustração 25 - Distribuição de montante e prazo das operações fechadas pela mesa de NDFs .....	95
Ilustração 26 - Valores de facilitation em cada data do GAP exemplo .....	100
Ilustração 27 - Histograma da variação diária do casado ao longo de 2 anos.....	101
Ilustração 28 - Histograma com os resultados de 60 iterações .....	105



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de um spread de mercado .....	35
Tabela 2 - Relação entre PU e taxa .....	43
Tabela 3 - Tabela com convenção de meses utilizada pela BM&F .....	55
Tabela 4 - Curva de juros Pré.....	57
Tabela 5 - Curva de juros de cupom cambial.....	58
Tabela 6 - Exemplo de uma curva de dólar.....	61
Tabela 7 - Dados para cálculo de Pvbp.....	78
Tabela 8 - Riscos de Pvbp do operador.....	81
Tabela 9 - GAP genérico de 30 dias .....	92
Tabela 10 - GAP exemplo utilizado nos cálculos do modelo .....	97
Tabela 11 - Informações necessárias para o modelo.....	97
Tabela 12 - Curva com valores de facilitation .....	99
Tabela 13 - Hipóteses da simulação do modelo.....	102
Tabela 14 - Exemplo de uma operação fictícia.....	103
Tabela 15 - Saídas do Simulador .....	104



## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

PNL – Profit and Loss

BRL – Reais

USD – Dólar

USDBRL – Cotação dos dólares

NDF – Non-Deliverable-Forward

CDI – Certificado de Depósito Interbancário, taxa de empréstimo por 1 dia útil

MTM – Mark-to-Market

FX – Foreign Exchange

DF – Discount-Factor

D0 – Data atual

DX – Data atual acrescida de “x” dias

Pré - Taxa de empréstimo de reais para a data de vencimento partindo da data de cálculo

Cupom - Taxa de empréstimo de dólares reais para a data de vencimento partindo da data de cálculo

DU - Contagem de dias úteis entre a data de negociação e a data de vencimento

DC - Contagem de dias corridos entre a data de negociação e a data de vencimento

Spot - Cotação atual do dólar



## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	25
1.1.	Local de Realização do Trabalho .....	25
1.2.	Interação Engenharia e Mercado Financeiro.....	26
1.3.	Definição do Problema e Objetivos .....	27
2.	Estrutura Conceitual e Definições.....	29
2.1.	Fluxo de Caixa .....	29
2.2.	Taxas de Juros .....	29
2.2.1.	Capitalização Simples .....	30
2.2.2.	Capitalização Composta .....	31
2.3.	Participantes do Mercado .....	31
2.3.1.	Arbitradores.....	31
2.3.2.	Hedgers .....	32
2.3.3.	Especuladores.....	33
2.4.	Indexadores .....	33
2.4.1.	Taxa Selic.....	33
2.4.2.	Taxa Libor .....	34
2.4.3.	Cupom Cambial .....	34
2.4.4.	Taxa CDI.....	34
2.5.	Meios de Negociação .....	35
2.5.1.	Eletrônico .....	35
2.5.2.	Balcão.....	36
2.5.3.	Feeders .....	36
2.6.	Mercado <i>Spot</i> .....	37
2.6.1.	PTAX .....	37
2.7.	Mercado de Derivativos de Bolsa .....	39
2.7.1.	Mercado de Futuros.....	40
2.7.2.	Futuro de Juros DI.....	42
2.7.3.	Futuro de Cupom Cambial .....	46
2.7.4.	Forward Rate Agreement (FRA) de Cupom .....	48
2.7.5.	Futuro de Dólar .....	50
2.7.6.	Forward Points de dólar (FRP) .....	53
2.7.7.	Rolagem de dólar (DR1) .....	54
2.8.	Curvas de Juros .....	54



2.8.1.	Curva Pré.....	56
2.8.2.	Curva de Cupom .....	57
2.9.	Interpolação.....	58
2.10.	Curva de Dólar .....	59
2.11.	Mercado de Derivativos de Balcão.....	64
2.11.1.	Casado .....	65
2.11.2.	Non-Deliverable Forward (NDF).....	67
2.11.3.	SWAP Cambial .....	68
3.	Análise de Riscos .....	71
3.1.	Risco de Mercado.....	72
3.2.	Risco de Crédito.....	73
3.3.	Risco de Liquidez.....	73
3.4.	Marcação a Mercado (MTM).....	73
3.4.1.	MTM de uma NDF .....	74
3.4.2.	MTM de um Swap .....	75
3.5.	Pbvp (Price Value of a basis point).....	78
3.6.	Risco FX .....	81
3.7.	Riscos de um Futuro de DI .....	82
3.8.	Riscos de um Futuro de DDI.....	83
3.9.	Riscos de um Futuro de USD.....	84
3.10.	Riscos do Casado .....	86
3.11.	Riscos de uma NDF .....	87
3.12.	Risco de Fixing (PTAX) .....	90
4.	Funcionamento da Mesa de NDF.....	90
4.1.	Books de Operações.....	91
4.2.	GAP.....	91
4.3.	Spreads presentes .....	93
4.4.	Média de operações.....	94
4.5.	Motivação para a criação do Modelo .....	95
4.6.	Construção do modelo.....	96
4.7.	Facilitation para operações.....	100
5.	Simulação do Modelo .....	102
5.1.	Hipóteses da Simulação .....	102
5.2.	Resultados .....	105
6.	Conclusões .....	105
7.	Referências .....	106



## 1. Introdução

Com a maior participação do Brasil no mercado internacional, assim como a entrada de novos investidores no país, as operações de câmbio são de extrema importância no contexto atual. Os membros mais importantes desse mercado são os importadores e exportadores. Eles possuem ativos e passivos em moedas estrangeiras e necessitam de serviços bancários para trocar essas moedas de modo que consigam administrar esse balanço.

É um dos papéis de uma tesouraria de banco facilitar a troca de moedas para essas empresas e tentar com esse serviço obter lucro. Em um banco de grande porte, além de obter lucro apenas facilitando a troca para clientes, esse mesmo banco visa obter lucro nas oscilações do mercado.

O trabalho de um operador de mercado financeiro consiste em administrar os riscos que operações de troca de moedas geram, oferecendo um bom preço para o cliente do banco.

Com as atuais mudanças no mercado brasileiro, a maior visibilidade no mercado internacional e o maior fluxo de investimentos para o país, a moeda brasileira vem se valorizando muito nos últimos anos. Esse movimento de valorização da moeda teve consequências sérias nas políticas econômicas do país e necessita de mudanças nas políticas dos bancos.

As novas medidas apresentadas pelo Banco Central para conter esse avanço da moeda brasileira é um campo recente de grande interesse e esforço por parte dos profissionais dos bancos para se adaptarem e continuarem gerando receitas positivas para os acionistas.

### 1.1. Local de Realização do Trabalho

O presente trabalho foi realizado em um banco múltiplo, com operações de investimentos.

Dentro do banco a área de estudo será a tesouraria, que faz parte da área de *Global Markets*. Uma tesouraria de um banco é o *core-business* do mesmo, onde todas as operações são fechadas e os riscos são administrados. A tesouraria pode ser dividida nas seguintes áreas:

- *Sales*: Os profissionais de *sales* são responsáveis pelo contato com o cliente, a apresentação de novos produtos e negociar com o cliente o preço das operações.
- Mesa Proprietária: A mesa proprietária é responsável pelo cálculo dos riscos das operações e os preços dos produtos, administração dos riscos durante a duração das operações e tentar se beneficiar das oscilações do mercado. O presente trabalho será

realizado nessa área do banco. Dentro da mesa proprietária, temos a divisão por produtos:

- *Forex Exchange (FX)*: Mesa de moedas do banco
- *Rates*: Mesa de Juros
- Opções: Mesa de opções de moedas e juros
  
- Área de Produtos: A área de produtos do banco tem como objetivo criar novos produtos que beneficiam tanto o cliente como o banco. Maneiras de diminuir a tributação das operações e utilização de mercados *offshore* são estratégias comuns utilizadas pela área.
- *Balance Sheet Management*: A área de BSM visa administrar o caixa do banco, aplicando o capital excedente e tomando dinheiro emprestado em dias de necessidade. A área realiza esses empréstimos do capital em reais assim como o capital que o banco possui *offshore* em outras moedas.
- Tecnologia da Informação: A área de TI é a responsável por criar e adaptar sistemas para cálculo de risco e resultado dos produtos do banco, assim como criar meios para registrar essas operações nos bancos de dados do banco.
- Corretora: A corretora do banco é a responsável por criar a ligação entre o banco e a bolsa por meio de redes. Os corretores enviam as ordens de compra e venda do banco para a bolsa e possuem clientes para os quais prestam esse serviço também.

O presente trabalho será realizado na mesa proprietária de moedas.

## **1.2. Interação Engenharia e Mercado Financeiro**

O mercado financeiro historicamente tem procurado engenheiros para a composição de suas equipes e atualmente a grande parte dos operadores de mercado são formados em engenharia. As qualidades procuradas pelos bancos, como facilidade com problemas matemáticos e modelagem de cenários são apenas alguns dos exemplos dos requisitos para se tornar um bom operador de mercado.

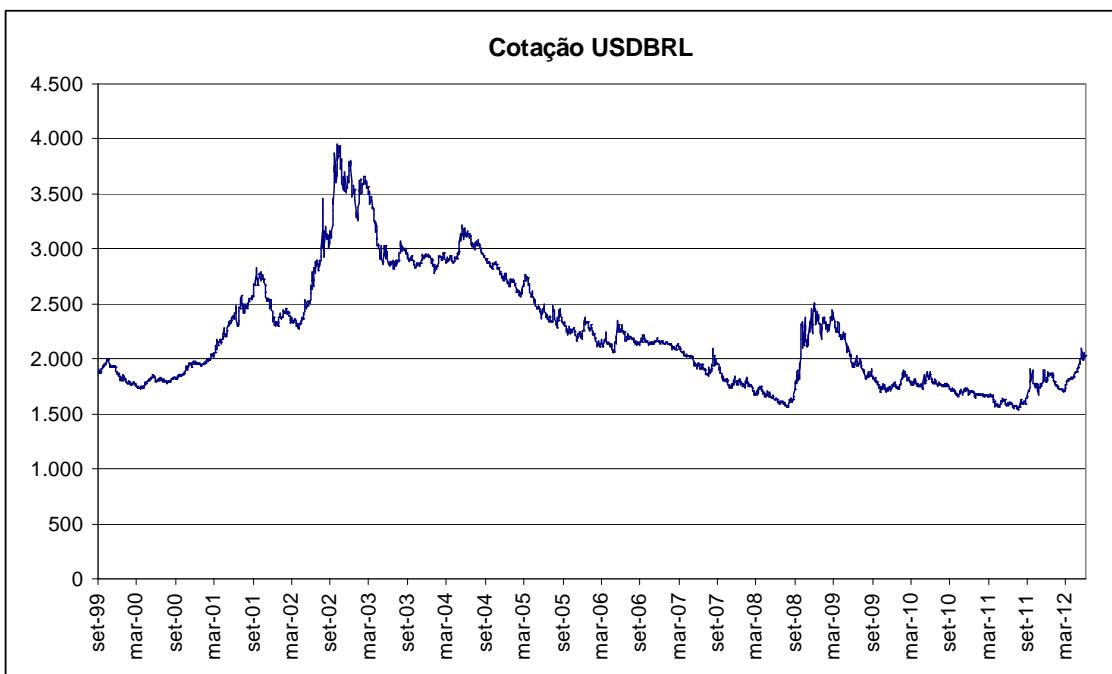
Dentre as engenharias, a engenharia de produção é muito cobiçada pela capacidade estatística que os estudantes possuem e o conhecimento mais avançado em disciplinas como engenharia econômica e economia.

O curso de engenharia de produção foi de extrema importância para a realização do estágio e do presente trabalho, dada as necessidades estatísticas, de modelagem e de finanças que foram mandatórias para a compreensão do problema e da resolução do mesmo.

### **1.3. Definição do Problema e Objetivos**

O mercado brasileiro passa atualmente por um momento de transição muito importante, recebendo muita atenção do mercado internacional. A maior solidez do mercado, devido uma moeda mais forte e inflação sobre controle, coloca o Brasil como um destino para investidores internacionais.

Com esse fluxo recente de entrada de investidores que chegam ao Brasil para investir na Bolsa ou apenas se favorecer das altas taxas de juros nacionais chega também um problema que é a desvalorização do dólar americano. A oferta grande de dólar no país fez com que a cotação do dólar reduzisse ao longo dos anos recentes. Podemos ver no gráfico abaixo a cotação do dólar desde 1999 até os dias atuais:



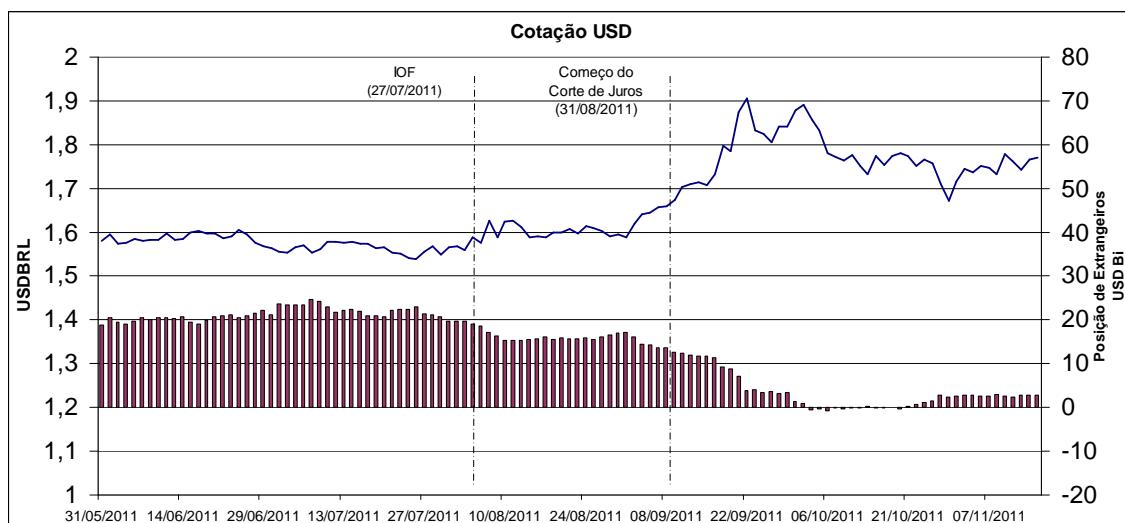
**Ilustração 1 - Cotação do dólar (1999 - 2012)**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Ao analisar o gráfico fica evidente o movimento de queda no longo prazo que o dólar passou frente o real. Mesmo com o stress visto ao longo do ano de 2008 devido à crise financeira, o movimento do dólar tem sido de queda.

Para tentar conter esse problema o governo utiliza meios econômicos para conter essa desvalorização, que prejudica os exportadores e deixa mais caros os produtos brasileiros no exterior além de facilitar a importação e prejudicar os produtores nacionais.

Recentemente o governo decidiu taxar por meio do IOF os investidores internacionais que aplicam no Brasil para receber uma das maiores taxas de renda fixa do mundo. Percebendo que apenas essa atitude não seria suficiente para conter a desvalorização do dólar, o governo criou uma nova forma de conter o movimento da moeda e criou o IOF sobre a posição vendida dos bancos. Podemos ver no gráfico abaixo as medidas que o governo adotou e a cotação do dólar durante o ano de 2011:



**Ilustração 2 - Cotação do dólar e quantidade de dólares aplicados por estrangeiros no Brasil**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Em agosto o Banco central colocou em prática a taxação pelo IOF da posição vendida nos bancos. Alguns meses depois começou a cortar a taxa de juros básica da economia para diminuir o montante de capital estrangeiro especulativo que vinha ao Brasil apenas para se beneficiar das altas taxas de juros. Podemos perceber no gráfico a nítida mudança na cotação

do USD e a queda na quantidade de dólares aplicados no Brasil pelos estrangeiros é uma possibilidade.

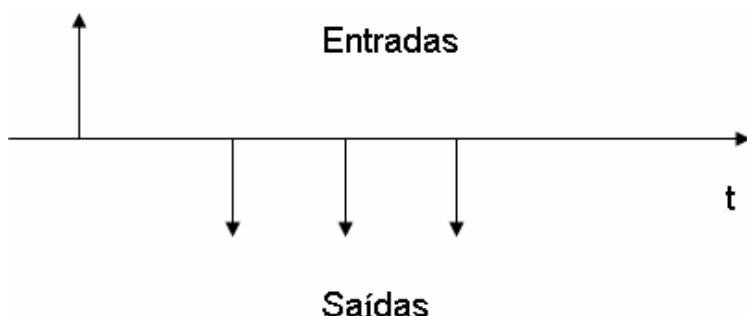
Essa nova medida de taxar a posição vendida dos bancos levantou muita discussão e fez com que os bancos procurassem novas medidas para continuar disponibilizando produtos e serviços aos seus clientes. O presente trabalho mostra o modelo e estratégia que construímos para diminuir o risco de taxação do IOF administrando a posição vendida do banco.

## **2. Estrutura Conceitual e Definições**

Para uma melhor compreensão do presente trabalho temos os seguintes conceitos:

### **2.1. Fluxo de Caixa**

Um fluxo de caixa é uma representação gráfica, ou por meio de tabela, que mostra o conjunto de entradas e saídas ao longo do tempo.



**Ilustração 3 - Exemplo de um fluxo de caixa**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Os fluxos de caixa são muitos utilizados para calcular o valor do dinheiro ao longo do tempo.

### **2.2. Taxas de Juros**

A taxa de juros é utilizada para calcularmos o valor da remuneração do dinheiro ao longo do tempo, genericamente:

$$i = \frac{J}{P}$$

Onde:

- i: taxa de juros
- J: total pago de juros
- P: principal

### 2.2.1. Capitalização Simples

Quando trabalhamos com juros devemos inicialmente identificar qual o regime de capitalização utilizado, podendo ser capitalização simples ou composta. No regime de capitalização simples os juros são gerados linearmente em função do capital inicial investido. Assim temos:

$$J = i \times P$$

Onde:

- J: Montante de Juros
- i: Taxa de juros
- P: Principal

E o valor futuro após  $n$  períodos de capitalização:

$$VF = P \times (1 + n \times i)$$

Onde:

- VF: valor futuro
- P: Principal
- n: Número de períodos de capitalização

### 2.2.2. Capitalização Composta

No regime de capitalização composta, os juros são calculados levando em conta o principal e os juros anteriormente calculados. Temos para o cálculo de valor futuro:

$$VF = P \times (1 + i)^n$$

Onde:

- n: dias decorridos de capitalização
- VF: Valor futuro
- P: Principal

No mercado brasileiro o padrão de taxa de juros é o regime composto com base de 252 dias. Assim teremos a seguinte fórmula para o valor futuro de um capital inicial investido durante  $n$  dias a uma taxa de  $i\%$  ao ano:

$$VF = P \times (1 + i)^{\left(\frac{n}{252}\right)}$$

Onde:

- n: dias decorridos de capitalização
- VF: Valor futuro
- P: Principal

No mercado internacional, e em alguns produtos no mercado nacional, o padrão utilizado é o regime simples.

### 2.3. Participantes do Mercado

O mercado financeiro é composto basicamente pelos seguintes tipos de participantes:

#### 2.3.1. Arbitradores

Os arbitradores são os fundos e bancos com tesouraria proprietária que visam lucrar com discrepâncias momentâneas do mercado financeiro. As oportunidades de arbitragem ocorrem geralmente quando um mesmo ativo é negociado em duas praças diferentes.

Um exemplo pode ser dado no caso de um ativo como o ouro, que possui cotação em diversas bolsas do mundo. Partindo do pressuposto que no mercado do Brasil e dos Estados Unidos em determinado instante o preço do ouro seja 100 USD. Se um operador americano comprar uma grande quantidade de ouro, o preço na bolsa americana deve se ajustar, pois os vendedores perceberão que existe uma demanda por ouro e começarão a cobrar um valor mais alto.

Como no Brasil nada foi feito, no instante posterior, o preço no Brasil continuará 100 USD e nos Estados Unidos digamos que suba para 101 USD. O arbitrador que percebe essa discrepância compra o ouro no Brasil e o vende nos Estados Unidos tendo um lucro de 1 USD dólar.

Um dos fundamentos do mercado é que existem arbitradores que levam o mercado para o equilíbrio. Esse princípio de arbitragem está presente em todos os mercados.

### **2.3.2. Hedgers**

Os participantes tidos como *hedgers* são em maior parte as empresas que possuem obrigações em outras moedas ou aplicações e dívidas que são corrigidas por alguma taxa de juros.

Em empresas onde o *core-business* não é o mercado financeiro, não é de interesse de a empresa possuir risco de oscilação de alguma taxa ou da cotação de alguma moeda. Ela prefere fixar o valor que terá que pagar ou receber no futuro, para fixar o preço final que cobrará dos clientes.

Essa operação onde ela fixa o valor de algum fluxo no futuro é chamada de *hedge*, que pode ser entendido como um seguro. Os participantes que fazem o *hedge* para as empresas, e cobra um valor por isso, são os bancos. Efetivamente o que ocorre é a transferência desse risco de oscilação da moeda ou taxa para os bancos.

As operações mais comuns de *hedge* que as empresas contratam dos bancos são os *Swaps* e as *NDFs*, que serão discutidos no presente trabalho.

### 2.3.3. Especuladores

Os bancos são a maior fonte de produtos para *hedge* das empresas e não possuem as obrigações que a empresa que os contratou possui. Dessa forma o banco tem apenas uma ponta da operação e fica com o risco. É decisão do banco zerar esse risco no mercado, ou ficar com o risco e tentar ter lucro apostando que o mercado se moverá no sentido dessa operação.

Os especuladores são os participantes do mercado que apostam em algum sentido nas cotações do mercado. Podem ser bancos que vendem produtos que os deixam com risco, ou simplesmente um fundo de investimentos que compra e vende ativos tentando lucrar com as oscilações do mercado.

## 2.4. Indexadores

As principais taxas de juros utilizadas nos Brasil e que serão abordadas no presente trabalho são:

### 2.4.1. Taxa Selic

A taxa básica da economia brasileira é obtida mediante o cálculo da taxa média ponderada e ajustada das operações de financiamento por um dia, lastreadas em títulos públicos federais. O método de cálculo utilizado pelo Banco Central é o seguinte:

$$[( \left( \frac{\sum_{j=1}^n L_j \cdot V_j}{\sum_{j=1}^n V_j} \right)^{252} - 1 ) \times 100 ] \% \text{ ao ano}$$

**Ilustração 4 - Fórmula para cálculo da taxa SELIC (fonte: BACEN)**

Onde:

- $L_j$ : fator diário correspondente à taxa da  $j$ -ésima operação;
- $V_j$ : valor financeiro correspondente à taxa da  $j$ -ésima operação;
- $n$ : número de operações

Durante as reuniões do COPOM (Comitê de Políticas Monetárias), o governo decide por aumentar ou diminuir a taxa meta da SELIC que será utilizada para remunerar os investidores interessados em financiar a dívida pública do governo por meio dos títulos emitidos por ele.

#### **2.4.2. Taxa Libor**

A taxa *LIBOR* (*London Interbank Offered Rate*) é uma média das taxas de juros utilizada pelos maiores bancos em Londres para emprestar e tomar emprestado dinheiro pelo período diário, mensal, trimestral, anual e assim por diante para uma série de moedas.

A taxa *LIBOR* é utilizada em todo o mundo como uma referência de taxa de juros livre de risco para os mercados. Quando o período de empréstimo é de 1 dia, chamamos a taxa de *LIBOR overnight*.

#### **2.4.3. Cupom Cambial**

No mercado brasileiro temos uma taxa de juros utilizada para empréstimo de dólares *onshore*. Essa taxa remunera os dólares emprestados pelas empresas e bancos dentro do Brasil. Como muitas empresas e bancos não tem acesso ao mercado *offshore*, onde elas podem tomar emprestadas e emprestar a moeda para outros, se criou esse mercado de taxa de juros de dólar no Brasil.

Muitas empresas possuem fluxos de caixa e obrigações em dólares, e para não terem o risco das mudanças nas taxas de juros do dólar elas utilizam, por intermédio dos bancos, desse mercado de Cupom Cambial.

#### **2.4.4. Taxa CDI**

O CDI (Certificado de Depósito Interbancário) é um título emitido pelas instituições bancárias para transferir recursos de uma instituição para a outra por um dia. Todos os dias é divulgado a taxa média na qual os bancos negociaram essa transferência de capital. A taxa do CDI tende a se aproximar à taxa SELIC e é utilizada como a taxa de custo para as operações bancárias e de empréstimos utilizada pelo mercado.

Desse modo, os bancos visam sempre conseguir rentabilidade maior que a do CDI, que é a fórmula pela qual o banco consegue a maior parte da sua captação (junto com os CDBs para pessoas físicas e empresas).

## 2.5. Meios de Negociação

### 2.5.1. Eletrônico

Atualmente, com o advento dos computadores e redes externas, a negociação se faz por meio eletrônico em sua maioria. Quando a negociação é realizada por meio eletrônico, os operadores possuem conexões diretas com a bolsa e enviam as suas ordens para o pregão.

Na bolsa, os produtos são listados com os respectivos preços de compra e venda e os volumes. A diferença entre o preço de compra e o de venda é chamado de *spread*. Um exemplo de *spread* pode ser visto abaixo, para o dólar, onde se compra 100 lotes a 1,870 BRL e vende-se 500 lotes a 1,871 BRL (*spread* de um ponto):

Volume	Preço	Preço	Volume
100	1,870	1,871	500

Tabela 1 - Exemplo de um spread de mercado

Fonte: Elaborado Pelo Autor

Na bolsa, os operadores podem ter acesso a vários níveis de cotações. Podemos observar no lado direito da tabela abaixo que algum operador está vendendo 410 lotes a 1849,5 BRL. Assim, caso outro operador desejar comprar mais que 410 lotes, ele terá que pagar mais que 1849,5, pois ele compraria o total de 410 lotes do primeiro operador e mais uma quantidade de lotes sendo vendidos a 1850 BRL (esse lote é chamado de segundo nível).



Ilustração 5 - Níveis de cotação no caso do dólar futuro

Fonte: AE Broadcast

### 2.5.2. Balcão

No mercado de balcão (ou OTC, “*over-the-counter*”), um corretor faz a ligação entre os participantes pelo telefone. Muitos mercados ainda utilizam o balcão para as negociações, como o de dólar pronto, taxa de juros e opções.

Outro modo de mercado de balcão é o de cliente com bancos. Quando um cliente contrata uma operação com um banco, ele é chamado de balcão, pois não é realizado na bolsa. Nesses casos a operação é registrada em um centro de custódia, geralmente a CETIP (Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos).

### 2.5.3. Feeders

Para ambos os mercados, bolsa ou balcão, existem empresas especializadas em acompanhar as cotações dos mercados e passar essas informações diretamente para os operadores. As informações de preços, assim como as ofertas de compra, ofertas de vendas, gráficos e notícias estão disponíveis para os operadores em tempo real.

As empresas mais presentes no mercado brasileiro são a *Bloomberg*, *Reuters* e o *Broadcast*, que é o sistema brasileiro da agência estado. Todos possuem “*add-ins*” para serem usados no *Microsoft Excel* que permite construir planilhas com cotações e cálculos em tempo real com as cotações do mercado.

Um exemplo de um *feeder* pode ser visto abaixo, no caso o *feeder* é o *Broadcast* da Agência Estado:

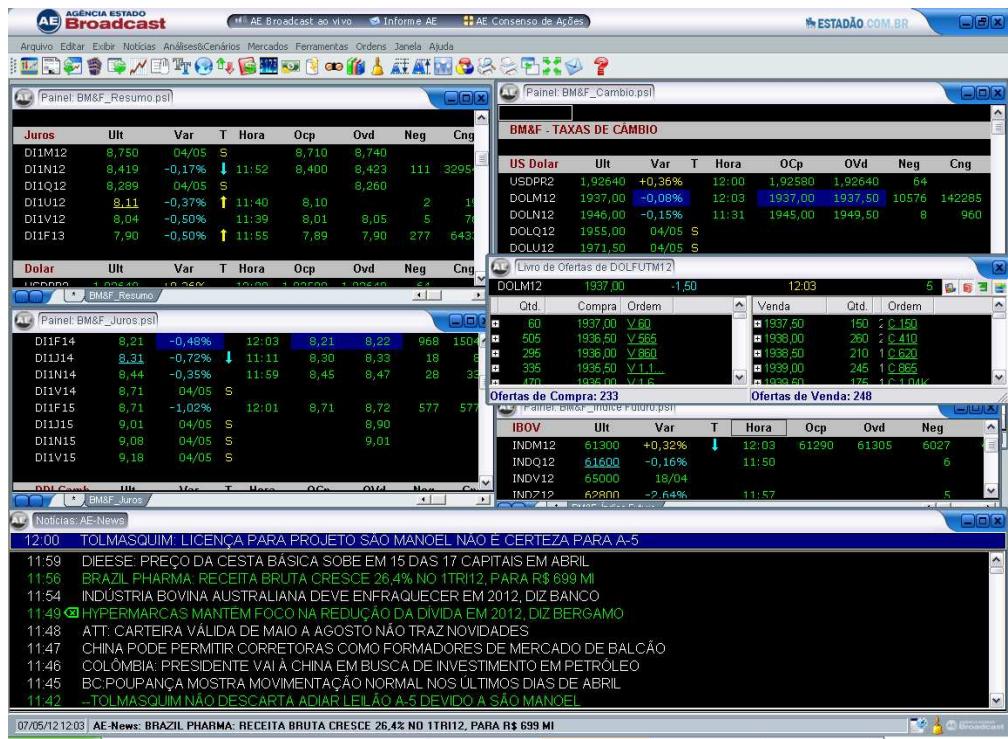


Ilustração 6 - Tela principal do feeder da Agência Estado

Fonte: AE Broadcast

## 2.6. Mercado Spot

O mercado *spot* (ou “pronto”) consiste em um mercado de balcão, onde se negocia o dólar com menor data de entrega. Quando se compra ou vende dólar *spot*, a entrega deve ser realizada em dois dias úteis entre as contrapartes, respeitando os feriados no Brasil e nos Estados Unidos. No Brasil apenas os bancos podem comprar e vender dólar pronto.

Por se tratar de um mercado ilíquido, onde são realizadas poucas operações por dia, o Banco Central atua por meio de *dealers*. Os *dealers*, que são os bancos selecionados pelo Banco Central levando em conta o número de operações realizadas em média, são os mais ativos nesses mercados e recebem por isso descontos em taxas.

### 2.6.1. PTAX

Muitos contratos realizados pelos participantes do mercado possuem um vencimento, no qual eles deixam de existir. Para padronizar as taxas nas quais esses contratos vencem foi criada no caso do câmbio a metodologia de cálculo da PTAX.

Os contratos que mais utilizam a PTAX para cálculo dos valores de liquidação são os derivativos disponíveis no mercado e que serão examinados no presente trabalho. O método de cálculo da PTAX era definido até o ano de 2010 como uma média ponderada pelo volume de todas as operações de dólar *spot* realizadas durante o dia:

$$PTAX = \sum \frac{(\text{volume} \times \text{cotação})}{\text{volume}}$$

O problema que essa definição causava era que muitos participantes dos mercados consideravam essa metodologia injusta, principalmente os fundos e bancos pequenos. Como apenas os bancos eram capazes de negociar o dólar *spot*, se um grupo de bancos grandes desejasse obter uma média alta na PTAX eles poderiam negociar um volume muito alto entre eles quando a cotação do dólar estivesse em valores altos.

Os bancos menores, que não tinham condições de operar altos volumes no mercado *spot*, e os fundos de investimentos se sentiam prejudicados por essa metodologia que favorecia os bancos maiores.

Para contornar esse problema de favorecimento no mercado o banco central estipulou um novo cálculo de formação da PTAX com a Circular nº 3.506, de 23 de setembro de 2010. Nessa circular foi estipulado que a PTAX seria calculada utilizando quatro médias da cotação do dólar *spot* em quatro janelas de dez minutos durante as manhãs de todos os dias de negociações. As janelas escolhidas foram as das 10h00min, 11h00min, 12h00min e 13h00min.

Nessas janelas os bancos publicam online as cotações do momento que estão passando para os seus clientes. O momento exato que a cotação é escolhida é aleatório nesse intervalo de dez minutos. No momento da contribuição todos os bancos enviam por serviços de internet a cotação naquele instante para o Banco Central. As contribuições que estão muito fora do intervalo dos outros bancos são excluídas e a instituição após certo número de contribuições erradas é advertida pelo Banco Central.

Dessa forma o Banco Central calcula a PTAX da seguinte forma:

$$PTAX = \frac{(X10 + X11 + X12 + X13)}{4}$$

Onde

- X10: Média da cotação das 10h00min
- X11: Média da cotação das 11h00min
- X12: Média da cotação das 12h00min
- X13: Média da cotação das 13h00min

Esse valor da PTAX é divulgado para o mercado após a última janela, ao contrário da metodologia anterior onde o valor da PTAX só era divulgado no final do dia após o fechamento do mercado.

Essa metodologia foi bem aceita pelo mercado por não favorecer os bancos que operavam um maior volume no mercado, dado que na nova metodologia a média para cálculo da PTAX é aritmética e não ponderada pelo volume.

O fato de a PTAX ser utilizada como uma média de quatro janelas modificou o meio como os operadores do mercado realizam o hedge de seus vencimentos de contratos e que será mais bem explicado na análise dos riscos de fixing dos contratos.

## **2.7. Mercado de Derivativos de Bolsa**

Existem dois tipos básicos de mercado de derivativos, o dos derivativos de bolsa e os dos derivativos de balcão. Para melhor entendermos os derivativos de balcão e como eles são calculados é necessário inicialmente entendermos o funcionamento dos derivativos padronizados de bolsa.

O mercado de derivativos engloba todos os contratos que tem o seu valor derivados do preço de algum ativo-objeto. Estes contratos possuem diversas formas e a cada dia novos tipos de derivativos são criados pelo mercado financeiro.

É estipulado no contrato que as partes trocarão no futuro uma quantia em dinheiro que será calculada levando em consideração o comportamento de determinado ativo durante a vigência do contrato. Os ativos-objetos são usualmente bens negociados entre participantes do mercado, como moedas, ações, taxas de juros, commodities, etc.

Os derivativos foram criados inicialmente para proteger os produtores que possuíam algum tipo de produção que só seria finalizada no futuro e já queriam deixar fixas as suas

despesas. Dessa forma eles entravam em contato com outros participantes do mercado, geralmente bancos, que calculavam um valor fixo para o bem no futuro. Assim, eles fechavam um contrato para no futuro comprar ou vender o ativo pelo preço estipulado anteriormente, independente do valor que o ativo estivesse sendo negociado no momento do vencimento do contrato.

### 2.7.1. Mercado de Futuros

A partir de 1986, com a criação da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) o mercado brasileiro passou a ter a possibilidade de negociar no mercado de futuros. Para padronizar os contratos de futuros a bolsa fixou as seguintes especificações para cada contrato:

- Objeto de Negociação
- Cotação
- Variação mínima de apreço
- Unidade de negociação
- Meses de vencimento
- Data de vencimento
- Último dia de Negociação

Um futuro é um contrato onde as partes decidem por comprar ou vender um ativo em alguma data do futuro por um preço pré-determinado. Os contratos futuros da BM&F possuem liquidação financeira, onde o valor pago entre as partes no final do contrato será a diferença entre a cotação do ativo-base e o valor estipulado no passado. Assim, se as partes decidirem comprar  $n$  ativos  $x$  no futuro a um preço  $p$  e no dia do vencimento o preço do ativo for  $P_f$  o valor de liquidação pago entre as partes será:

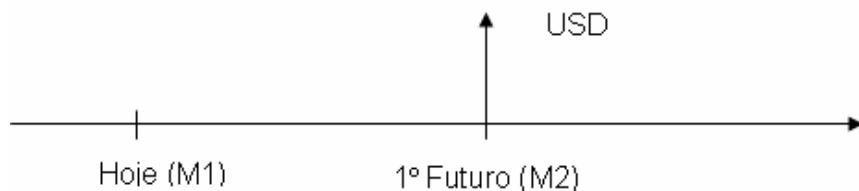
$$\text{Liquidação} = (P_f - p) \times n$$

Onde:

- $P_f$ : Preço final do ativo
- $p$ : Preço de compra do ativo
- $n$ : Número de contratos comprados

Esse tipo de liquidação é diferente da liquidação física, onde há efetivamente a troca de ativos no dia do vencimento, como ocorre em alguns contratos de futuros no exterior. No caso de alguns contratos de petróleo futuro, no dia do vencimento uma parte receberá os barris de petróleo e a outra parte pagará por eles o preço estabelecido anteriormente.

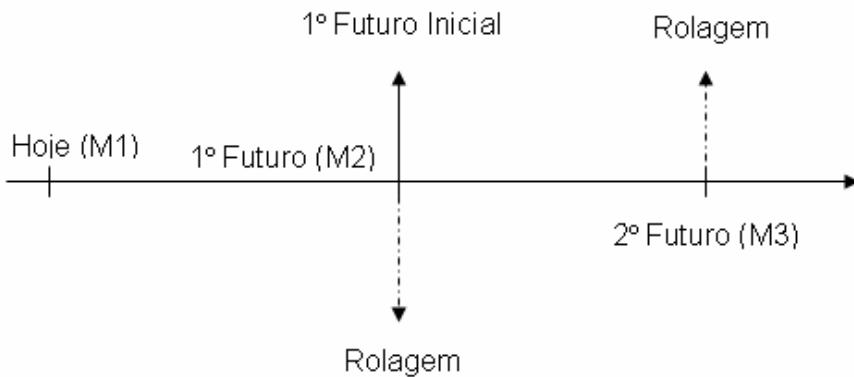
Como alguns contratos possuem vencimentos curtos, de um a dois meses, quando o contrato vence e caso as partes desejam continuar apostando na alta ou na baixa da cotação do ativo, eles precisam “rolar” a sua posição para o próximo vencimento. No caso de um operador que no começo do mês  $M1$  acreditava que a cotação de um ativo iria subir, ele pode comprar um contrato futuro de vencimento  $M2$  desse ativo. Usualmente o contrato futuro vence no primeiro dia útil de todos os meses e é chamado pelo nome desse mês. Assim, durante o mês  $M1$ , o contrato vigente será o que possui vencimento no primeiro dia útil do mês  $M2$ . Graficamente a posição dele ficará:



**Ilustração 7 - Fluxo de caixa de um operador comprado em dólar futuro**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Se no final do mês  $M1$  ele acredita que o ativo não continuará subindo ele pode simplesmente deixar o contrato vencer. Caso ele ainda acredite que a cotação desse ativo continuará subindo, ele terá que fazer a “rolagem” dessa posição, onde ele vende o contrato de vencimento curto,  $M2$ , e compra o contrato de vencimento longo,  $M3$ . Logo:



**Ilustração 8 - Fluxo de caixa resultante de uma operação de rolagem**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

No final do último dia do mês  $M1$  o contrato de compra e o contrato de venda do vencimento  $M2$  do operador se anularão e para ele restará apenas a posição comprada do próximo vencimento,  $M3$

Na BM&F Bovespa, os contratos futuros utilizados para entendimento do presente trabalho são os contratos de juros futuros, *FRA* de juros e dólar futuro.

### 2.7.2. Futuro de Juros DI

O contrato futuro de juros, também chamado de DI futuro, é um contrato firmado entre duas partes sobre a estrutura futura da taxa CDI no Brasil. Os contratos possuem vencimento em todos os meses do ano corrente e no primeiro mês de todos os trimestres dos próximos 10 anos.

A estrutura de um contrato de juros é a compra ou venda de um valor presente de um fluxo de 100.000,00 reais no primeiro dia útil do mês do vencimento. Esse valor futuro é trazido pela taxa negociada no mercado entre as partes, resultando no valor presente chamado de *PU*, preço unitário.

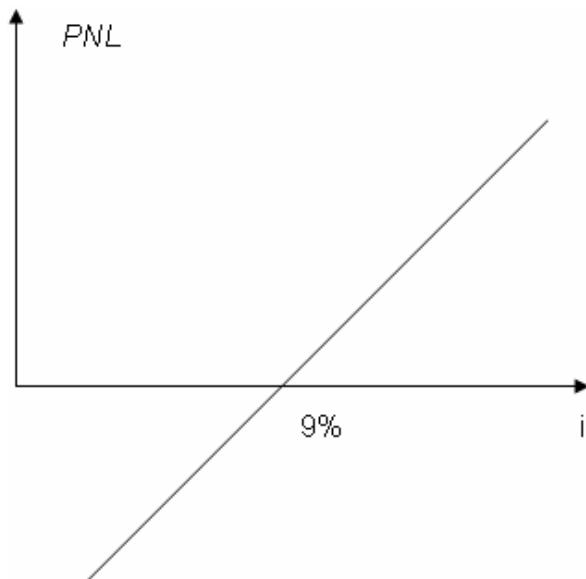
Atualmente a BM&F alterou o modo como o contrato de DI é negociado. Ao invés de comprar ou vender o *PU*, o objeto de negociação é a taxa implícita no fluxo, porém essa é apenas uma mudança na expressão do ativo que está sendo negociado, dado que:

Comprar Taxa	Vender PU
Vender Taxa	Comprar PU

**Tabela 2 - Relação entre PU e taxa**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Quando um operador compra um contrato futuro de DI futuro genérico a 9% ao ano, por exemplo, ele acredita que a taxa futura para esse vencimento suba, resultando em um gráfico simplificado de resultado como o seguinte:



**Ilustração 9 - Gráfico de PNL de um operador que compra um contrato futuro de DI a 9% ao ano**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Pensando em fluxo de caixa, no caso de um operador vendendo um contrato futuro de DI com vencimento em janeiro 2015 a 9% ao ano temos o seguinte fluxo:



**Ilustração 10 – Fluxo de caixa de um operador que vende um contrato com vencimento em janeiro de 2015**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Um operador realiza uma operação desse tipo caso ele acredite que a taxa de juros acumulada e anualizada de hoje até janeiro de 2015 seja menor que 9% ao ano

É comum no mercado dizer que o operador “deu” a taxa de janeiro, a explicação para isso é que tudo acontece como se o operador tivesse emprestado dinheiro hoje para receber o valor corrigido em 2015. Nesse caso, o operador emprestou dinheiro a uma taxa fixa e se beneficia no caso dela cair, pois nesse caso ele estaria emprestando dinheiro a uma taxa maior do que a atual do mercado.

Para calcularmos o valor presente dessa operação no momento que o operador vende o contrato, considerando que a contagem de dias úteis seja 680 dias, temos:

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

Onde:

- $PU$ =preço unitário
- $i$ =taxa de juro
- $N$ =números de dias úteis entre o dia de negociação e o dia de vencimento do contrato.

No caso do exemplo:

$$VP = \frac{100.000}{(1 + 9\%)^{\left(\frac{680}{252}\right)}} = 79190$$

Caso a taxa de fechamento desse contrato no final do dia seja 9,03% ao ano, o cálculo que mostra o lucro ou prejuízo do operador (*PNL*) é o seguinte:

$$PNL = PU(\text{fechamento}) - PU(\text{inicial})$$

Onde:

- *PNL: Profit or Loss*
- PU(fechamento): Preço unitário divulgado pela BM&F ao final do pregão
- PU(inicial): Preço unitário de compra do ativo

Assim:

$$PNL = \frac{100.000}{(1 + 9,03\%)^{\left(\frac{680}{252}\right)}} - \frac{100.000}{(1 + 9\%)^{\left(\frac{680}{252}\right)}}$$

Resultando:

$$PNL_{(\text{prévio})} = -58 \text{ BRL}$$

Pela regra da BM&F esse ajuste é pago no dia seguinte, assim o valor correto do *PNL* é o valor presente dos 58 BRL levando em conta a taxa de juros de um dia:

$$PNL_{(\text{atual})} = \frac{\text{ajuste}}{(1 + cdi)^{\left(\frac{1}{252}\right)}}$$

Onde:

- Ajuste: Ajuste a ser pago pelas partes do contrato

Considerando o CDI=10% ao ano temos:

$$PNL = \frac{-58}{(1 + 10\%)^{\left(\frac{1}{252}\right)}} = -57,97 \text{ BRL}$$

Empresas que possuem empréstimos ou aplicações no Brasil podem utilizar o mercado de juros futuros para fazer o *hedge* dessas operações e não terem riscos da oscilação da taxa de juros nos empréstimos e aplicações. Porém, como no caso dos futuros há a necessidade do pagamento de ajustes todos os dias, as empresas preferem se proteger das oscilações do mercado fechando operações de balcão como *swaps*, que não possuem esse pagamento intermediário e serão explicados no decorrer do presente trabalho.

### 2.7.3. Futuro de Cupom Cambial

O contrato de cupom cambial, também chamado de contrato de DDI futuro, é firmado entre duas partes onde o ativo objeto é a taxa de juros de dólares no Brasil. Muitas empresas possuem dívidas que são indexadas ao dólar e alguma taxa de juros que capitaliza esses dólares. Para que elas possam realizar o *hedge* essas dívidas, elas podem comprar ou vender contratos futuros de DDI.

Ao contrário do contrato de DI futuro, o contrato de cupom cambial tem como valor futuro 50.000 USD ao invés de reais. Outra diferença é que o padrão de contagem de dias, nos contratos de cupom cambial a contagem é de 360 dias corridos e o regime de capitalização é simples.

Da mesma maneira que no caso do futuro de DI, o objeto negociado é a taxa de juros e temos o seguinte fluxo para o caso de um operador vendendo um contrato de DDI com vencimento de janeiro 2015, consideremos que sejam 980 dias corridos, a 4% ao ano



**Ilustração 11 – Fluxo de caixa de uma operação de DDI**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Por convenção, a BM&F estipulou um fator multiplicador para calcular o PU de um contrato de DDI. Para se assemelhar mais com um contrato de DI futuro, esse fator foi estipulado como sendo igual a 2. Assim, para calcularmos o valor presente desse fluxo, no caso do DDI temos:

$$PU_{(inicial)} = \frac{(50.000 \times 2)}{\left( \left( i \times \frac{n}{360} \right) + 1 \right)}$$

Onde:

- PU(inicial): Preço unitário inicial do contrato
- i: Taxa de juros do contrato
- n: Contagem de dia corridos entre a data da negociação e a data de vencimento

Com os dados do exemplo:

$$PU_{(inicial)} = \frac{100.000}{\left( \left( 4\% \times \frac{980}{360} \right) + 1 \right)} = 90.180,36 \text{ USD}$$

Caso a taxa de fechamento desse contrato no final do dia seja 4,03% ao ano, o cálculo que mostra o lucro ou prejuízo do operador é o seguinte:

$$PNL = (PU_{(fechamento)} - PU_{(inicial)}) \times PTAX_{(D-1)} \times \frac{1}{(1 + cdi)^{\left(\frac{1}{252}\right)}}$$

Onde:

- PU(fechamento): Preço unitário do final do pregão
- PU(inicial): Preço unitário inicial do contrato
- PTAX(D-1): Valor divulgado pelo Banco Central da PTAX do dia anterior

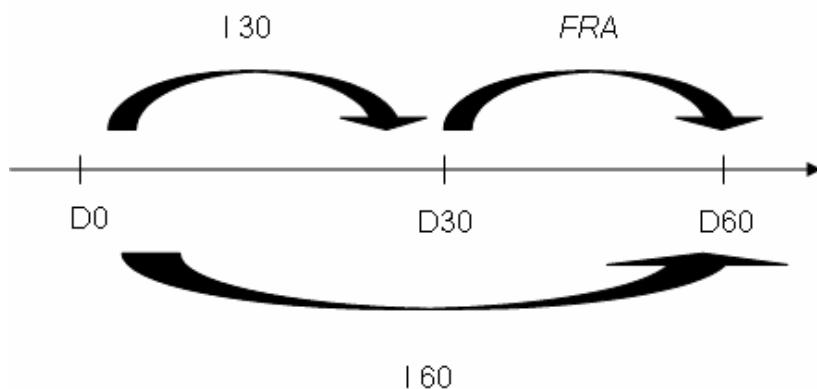
Utilizando os dados do exemplo, a PTAX sendo 1,80 USD e a taxa CDI sendo 10% ao ano:

$$PNL = (90.113,99 - 90.180,36) \times 1,8 \times 0,999622 = -119,41 \text{ BRL}$$

#### 2.7.4. Forward Rate Agreement (FRA) de Cupom

Uma alternativa ao futuro de cupom cambial, que é muito mais usada no mercado financeiro, é a utilização de instrumentos como o *Forward Rate Agreement*, ou simplesmente *FRA*. O conceito de *FRA*, que é a negociação de uma taxa entre duas datas futuras, é genérico e poderia ser criada para qualquer ativo. Na BM&F formalizou-se no caso do cupom cambial o produto *FRA* que facilita a negociação dessa taxa futura.

O *FRA* é um instrumento que é formado pela junção de dois futuros de DDI, um de vencimento longo e outro de vencimento curto. Obrigatoriamente, há uma operação contrária a outra, onde o operador compra o DDI de um vencimento e vende o DDI do outro. O *FRA* seria como uma proteção de uma taxa no futuro, não importando o comportamento da taxa de hoje até a data de inicio da capitalização do *FRA*. Graficamente temos o seguinte:



**Ilustração 12 - Taxas envolvidas em um contrato de FRA**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Dado que a taxa de juros de hoje até 60 dias corridos é  $i_{60}$  e a taxa de juros entre hoje e 30 dias contados a partir de hoje é  $i_{30}$ . O comportamento da taxa de juros entre hoje e o dia D30 não interfere no preço do FRA. Assim, *FRA* de juros entre o dia 30 e o dia 60 é calculado da seguinte maneira:

$$FRA = \frac{(1+i_{60})}{(1+i_{30})}$$

Onde:

- $i_{60}$ : Taxa de juros do prazo de 60 dias
- $i_{30}$ : Taxa de juros do prazo de 30 dias

Quando um operador fecha um contrato desse tipo na bolsa, ele compra ou vende a taxa de juros futura, em percentual. Ao fazer isso a bolsa entrega para o operador dois contratos de DDI com dois PUs respectivos. Devido à configuração temporal da taxa de juros temos que o número de contratos no vencimento curto, equivalente ao montante que está sendo aplicado, deve ser menor que o número de contratos no vencimento longo. Isso ocorre pelo mesmo motivo que o valor presente de um fluxo (*PU*) é menor que o valor futuro dele. Para calcularmos o valor dos contratos com vencimento curto que o operador recebe da bolsa temos a seguinte relação:

$$\bar{q}_1 = \frac{q_2}{1 + \left( c_{frc} \times \frac{(n_2 - n_1)}{36.000} \right)}$$

Onde:

- $q_1$ =quantidade de contratos do vencimento curto
- $q_2$ =quantidade negociada de *FRA*
- $c_{frc}$ =cupom negociado no *FRA*
- $n_2$ =número de dias corridos entre a data de negociação e o vencimento longo
- $n_1$ = número de dias corridos entre a data de negociação e o vencimento curto

Assim, em uma operação onde o operador compra 10.000 contratos de *FRA* com cupom de 3% ao ano e onde  $n_1=30$  e  $n_2=60$  teremos o seguinte número de contratos curtos:

$$q_1 = \frac{10000}{1 + \frac{3 \times 30}{36000}} = 9.975,06$$

O preço da “perna” curta, ou *PU*, é estabelecido pelo preço de fechamento do contrato de DDI do dia da operação. Como o objeto de negociação é o diferencial de taxa entre os dois vencimentos, o preço do vencimento curto não é algo que deve ser fixado no momento da negociação e podemos utilizar o fechamento do contrato curto para todos os contratos firmados no dia.

Dessa forma, o importante é o diferencial de juros e cada operação possui um diferencial de juros diferente, levando em conta a taxa negociada pelas partes. Assim, o *PU* da ponta é apenas o *PU* da ponta curta corrigido pelo diferencial de juros negociado.

No mercado de cupom cambial, o primeiro vencimento do *FRA* é sempre igual ao primeiro vencimento do dólar futuro e os vencimentos longos seguem a mesma regra dos futuros de juros DI.

Visto que os contratos negociados de *FRA* são divididos em dois contratos de DDI, para efeito de cálculo de ajuste e risco eles seguirão as mesmas características apresentadas para os contratos de DDI.

### **2.7.5. Futuro de Dólar**

O futuro de dólar é um dos produtos mais negociados no mercado financeiro, devido principalmente o grande número de empresas que necessitam de *hedge* nessa moeda. O objeto de negociação de um futuro de dólar é a uma quantia de 50.000 USD nas datas de vencimento dos contratos. O modo como é possível fixar um preço para o dólar em uma data futura segue os princípios de paridade de taxas de juros e presença de arbitradores no mercado.

Para entender como é possível fixar um preço para o dólar partiremos de um exemplo simplificado onde um cliente deseja comprar do banco uma quantia de um milhão de USD em três meses.

Para cumprir esse desejo do cliente e não ter riscos, o banco compra um milhão de USD no mercado *spot* e o aplica essa quantia nos mercados *offshore* a uma taxa de juros, geralmente a taxa *Libor*, por três meses.

Para comprar esse valor, o banco pega uma quantia emprestada em reais no mercado brasileiro igual ao valor equivalente desse 1 milhão de USD. Assim ele tem uma dívida nessa quantia e irá tomar esse dinheiro emprestado que irá crescer a uma taxa juros, usualmente a taxa CDI, até o vencimento da operação.

Com uma taxa *Libor* constante de 1% ao ano, uma taxa CDI constante de 10% ao ano, e utilizando:

- $du = 60$  (dias úteis de hoje até o vencimento)
- $dc = 90$  (dias corridos de hoje até o vencimento)
- Taxa *spot* USDBRL = 1,80

No instante inicial o banco terá, portanto um milhão de USD para aplicar na taxa *LIBOR* e uma dívida de 1,8 milhões de BRL. Aplicando a quantia de dólares por três meses na taxa de juros *offshore*, que possuem regime linear e base 360 dias corridos, o banco terá:

$$VF_{\text{usd}} = 1.000.000 \times \left( 1 + \frac{1\% \times 90}{360} \right) = 1.002.500 \text{ USD}$$

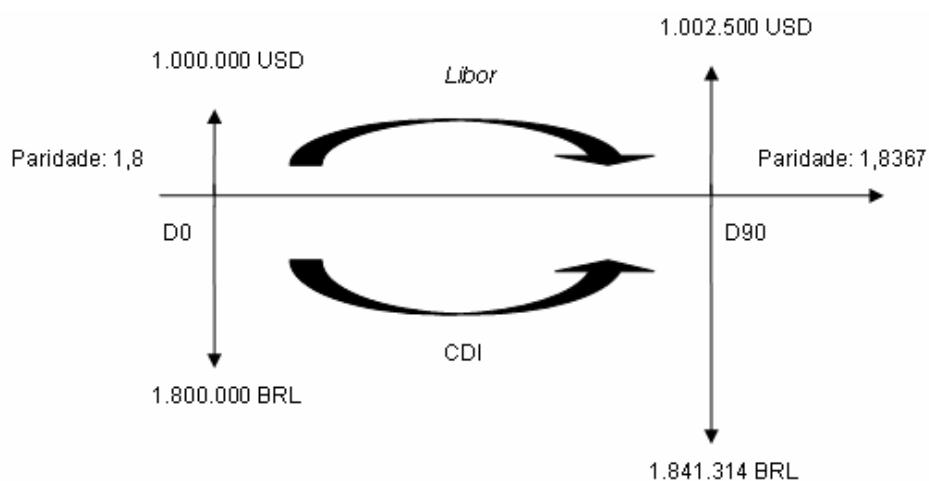
A dívida que o banco adquire nessa operação crescerá pela taxa de juros brasileira, que é exponencial com base 252 dias úteis:

$$VF_{\text{bri}} = 1.800.000 \times \left( 1 + 10\% \right)^{\left( \frac{60}{252} \right)} = 1.841.314 \text{ BRL}$$

Com ambos os valores futuros fixados o banco tem um valor fixo para a cotação futura do dólar em uma data posterior.

$$\text{CotaçãoFutura} = \frac{1.841.314}{1.002.500} = 1,8367 \text{ USDBRL}$$

Graficamente temos o seguinte movimento de fluxos de caixa para calcular o valor justo para o dólar com vencimento de três meses:



**Ilustração 13 - Operações necessárias para fixar a cotação do dólar para uma data futura**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Assim, para o banco lucrar nesse exemplo seria necessário apenas cobrar um valor maior que o calculado para vender ao cliente interessado. Desse exemplo temos a fórmula do *forward* que é de extrema importância no mercado e no presente trabalho:

$$FX = \frac{spot \times pré}{cupom}$$

Onde:

- FX: Cotação futura do dólar
- Spot: Valor da cotação atual da moeda
- Pré: Taxa de empréstimo de reais
- Cupom: Taxa de empréstimo de dólares no mercado nacional

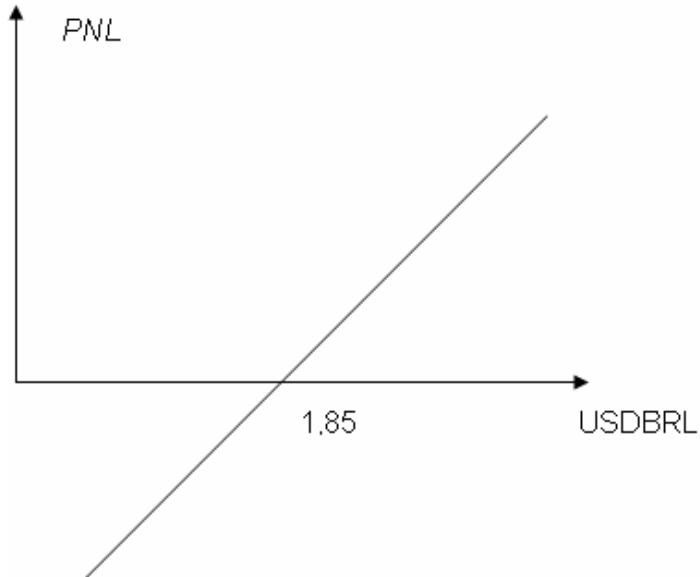
Essa formula mostra que com o valor atual do *spot* entre duas moedas e as taxas de juros dessas moedas temos o valor justo para o dólar futuro, se o valor futuro do dólar for diferente do calculado utilizando essa fórmula haverá possibilidade de arbitragem no mercado.

Na bolsa de valores, existem os contratos padrões de dólar futuro com vencimentos fixos. O contrato de maior liquidez é o contrato com vencimento no primeiro dia do mês posterior. O valor do contrato é de 50 mil dólares e a unidade mínima de negociação é de cinco contratos.

Um aspecto muito importante quando estudamos o futuro de dólar são as datas envolvidas no vencimento do mesmo. Temos basicamente duas datas relevantes:

- *Maturity day* (dia do vencimento): Esse é o dia em que o contrato acaba. Ele é sempre no primeiro dia útil do mês, e nele é pago o último ajuste entre as partes.
- *Fixing day (dia de travamento)*: O dia do *fixing* de um contrato de dólar é o dia em que é fixado o valor pelo qual o contrato será liquidado. O dia do *fixing* é sempre um dia anterior, levando em conta os feriados no Brasil, do dia de vencimento. O valor que fixa os contratos de dólar é a PTAX formada no dia do *fixing*.

Quando um operador compra 100 lotes do primeiro futuro de dólar a 1,85 USDBRL ele espera que a PTAX do dia anterior ao dia do vencimento seja maior que 1,85 USDBRL. O gráfico de resultado desse operador é o seguinte:



**Ilustração 14 - Gráfico de PNL de um operador que compra contratos futuros de dólar a 1,85 USDBRL**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Semelhantemente aos outros contratos futuros, existe no caso do dólar um ajuste diário entre as partes. Assim, quando o operador compra 100 contrato a 1,85 USDBRL e o mercado do dia da negociação fecha a 1,88 USDBRL, o operador terá um ajuste a ser pago no dia seguinte de:

$$PNL_{(\text{prévio})} = (1,88 - 1,85) \times 100 \times 50000 = 15.000 \text{ BRL}$$

Esse ajuste calculado no final do dia é pago um dia depois entre as partes, portanto o PNL efetivo do operador, utilizando a taxa CDI de 10% ao ano, é:

$$PNL_{(\text{atual})} = \frac{PNL_{(\text{prévio})}}{(1 + 10\%)^{\left(\frac{1}{252}\right)}} = 14.994 \text{ BRL}$$

### 2.7.6. Forward Points de dólar (FRP)

O contrato de FRP é um contrato que foi inicialmente criado em 2002 pela BM&F para facilitar o *hedge* dos contratos que vencem pela PTAX. O Contrato de FRP consiste na negociação entre dois operadores de um valor a ser acrescido da cotação da PTAX do dia da negociação que se somada ao valor da PTAX se aproxima do valor da cotação do dólar futuro.

Ao final do dia as operações de FRP serão automaticamente transformadas em operações de dólar futuro do primeiro vencimento negociado no mercado. No caso do dia da negociação ser o antepenúltimo dia útil anterior ao vencimento do primeiro futuro de dólar, o contrato de FRP no final do dia será transformado em um contrato do segundo futuro de dólar.

Caso as partes resolvam negociar um contrato de FRP com um preço  $V$ , no final do dia esse contrato será extinto e as partes terão em suas contas da BM&F uma compra ou uma venda de um futuro de dólar no valor de:

$$\text{Cotação} = (PTAX \times 1000) + V$$

Ao final do dia, como o contrato de FRP passa a valer como um contrato de dólar futuro, as características de risco e cálculo de retorno são iguais aos do dólar futuro.

### **2.7.7. Rolagem de dólar (DR1)**

Para melhor entender o conceito da rolagem de dólar podemos ver um exemplo comum para os clientes de um banco. Em janeiro de um dado ano um exportador fecha um negócio no qual ele receberá uma quantia em dólares no final do ano. Para acabar com o seu risco da variação da moeda ele pode vender contratos do primeiro vencimento do dólar futuro, fevereiro.

No primeiro dia útil de fevereiro esses contratos vencerão e o cliente não terá mais proteção até o final do ano. Dessa forma, para o cliente continuar se protegendo das variações cambiais, ele terá que rolar a sua operação de futuro inicial de fevereiro para o dólar futuro de vencimento em março. Ele terá que repetir esse processo por todos os meses até o dia que receber a quantia em dólares do negócio firmado em janeiro.

Devido essa demanda por rolagem a BM&F criou em 2008 o contrato de DR1, que facilita a negociação das rolagens de dólar na bolsa. No caso do DR1, o comprador do contrato está vendendo uma quantia de contrato do primeiro vencimento e comprando a mesma quantia de contratos do vencimento posterior.

## **2.8. Curvas de Juros**

A base de todos os cálculos das tesourarias dos bancos são as curvas de juros e moedas que são construídas e atualizadas durante o dia para calcular os preços e o lucro das operações. As curvas básicas no caso do mercado de dólar são a de juros em reais e dos juros em dólares.

Uma curva de juros consiste basicamente nos seguintes pontos:

- Vencimentos: Códigos de vencimento dos contratos futuros do ativo-alvo da curva. Os códigos padrões da BM&F utilizados no mercado são:

Letra	Mês
F	Jan
G	Fev
H	Mar
J	Abr
L	Mai
M	Jun
N	Jul
Q	Ago
U	Set
V	Out
X	Nov
Z	Dez

**Tabela 3 - Tabela com convenção de meses utilizada pela BM&F**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

- Data de vencimento: Datas de vencimento dos contratos futuros do ativo-alvo
- Dias-úteis(*DU*): Contagem de dias úteis entre o dia atual e o vencimento do contrato futuro correspondente.
- Dias-corridos(*DC*): Contagem de dias corridos entre o dia atual e o vencimento do contrato futuro correspondente.
- Taxa: A última taxa negociada no mercado.
- Preço Unitário(*PU*): Para curvas de juros nessa coluna temos o último valor de *PU* negociado.
- *Discount-factor* (DF): O *discount-factor* é o fator de multiplicação dos juros que transforma o valor futuro no valor do *PU* do contrato ( $DF = 100.000 / PU$ ). Multiplicar um valor futuro pelo DF da curva pré é equivalente a dividir o valor futuro pelo fator  $(1 + \text{pré})^{(du/252)}$

Para obter os preços e taxas simultaneamente ao que está sendo realizado no mercado, é necessário ter acesso a algum sistema de *feeders*. O objetivo das diversas curvas é conseguir precificar os ativos para qualquer dia que o cliente desejar, não necessariamente nos dias utilizados na BM&F (primeiro dia útil de cada mês).

A maioria dos clientes não possui pagamentos e recebimentos agrupados no primeiro dia útil dos meses, assim é de suma importância a criação das curvas.

Anexada ao presente trabalho temos a planilha “Curvas.xls”, criada pelo autor, que possui na sheet “Curvas” as curvas utilizadas para os cálculos dos modelos. Como o serviço de *feeders* é algo pago, as curvas presentes na planilha apresentam valores de cotações fixos. As curvas presentes na planilha serão explicadas a seguir.

### **2.8.1. Curva Pré**

A curva de DI futuros, também chamada de curva de Pré (pré-fixada) é a curva básica para precificar as operações de tesouraria. É de extrema importância para os bancos construir e manter uma curva atualizada e correta. Um exemplo de curva pré-fixada é a seguinte, que foi construída pelo autor:

1

**Tabela 4 - Curva de juros Pré**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Como o custo do dinheiro de um banco no Brasil é a taxa CDI, todos os fluxos futuros de capital são descontados utilizando a curva Pré.

### 2.8.2. Curva de Cupom

A curva de cupom cambial é importante para criarmos a curva de dólar que especifica todas as operações de balcão do banco e os resultados de todas as operações cambiais. A curva de Cupom cambial é formada a partir dos contratos de *FRA* da BM&F e a estrutura da curva é igual à curva de Pré. Um exemplo de curva de cupom cambial pode ser vista a seguir:

FRA

Vencimento	Data Vcto	DU	DC	Preço	Bid	Ask	Df
N12	2-jul-12	24	36	0,99%	0,99%	1,05%	1,00099
Q12	1-ago-12	46	66	1,22%	1,20%	1,23%	1,002237
U12	3-set-12	69	99	1,28%	1,27%		1,00352
V12	1-out-12	88	127	1,50%	1,47%	1,55%	1,005292
F13	2-jan-13	150	220	1,75%	1,73%	1,78%	1,010694
J13	1-abr-13	210	309	1,95%	1,93%		1,016738
N13	1-jul-13	273	400	2,12%			1,023556
V13	1-out-13	339	492	2,34%			1,03198
F14	2-jan-14	403	585	2,45%	2,43%	2,49%	1,039813
J14	1-abr-14	464	674	2,59%			1,048491
N14	1-jul-14	525	765	2,68%			1,05695
V14	1-out-14	591	857	2,78%			1,066179
F15	2-jan-15	656	950	2,88%	2,87%		1,076
J15	1-abr-15	717	1039	3,09%			1,089181
N15	1-jul-15	778	1130	3,10%			1,097306
V15	1-out-15	843	1222	3,16%		3,20%	1,107264
F16	4-jan-16	906	1317	3,27%			1,119628
J16	1-abr-16	967	1405	3,37%		3,33%	1,131524
N16	1-jul-16	1030	1496	3,39%			1,140873
V16	3-out-16	1095	1590	3,47%			1,153258
F17	2-jan-17	1157	1681	3,58%	3,54%		1,167166
J17	3-abr-17	1220	1772	3,73%	3,61%		1,183599
N17	3-jul-17	1281	1863	3,69%			1,190958
V17	2-out-17	1345	1954	3,85%			1,208969
F18	2-jan-18	1406	2046	3,92%			1,222787
J18	2-abr-18	1467	2136	3,98%			1,236147

**Tabela 5 - Curva de juros de cupom cambial**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

É comum utilizar nas curvas de FRA e DI as informações do *bid-ask*. No mercado de FRA essa informação é ainda mais necessária, já que esse mercado possui usualmente uma menor liquidez, se compararmos com o mercado de DI futuro. Assim, muitas vezes, não ocorrem negócios em algum vencimento dos contratos de FRA durante o dia. Para contornar a falta de um valor de preço para esse vencimento, é usual utilizar a média do *spread* entre o *bid* e o *ask*.

## 2.9. Interpolação

Como o objetivo das curvas é especificar produtos para qualquer data, e ela utiliza como *inputs* apenas as datas negociadas na BM&F, é necessário utilizar métodos de interpolação para encontrar valores aproximados para as datas que são diferentes do primeiro dia útil de cada mês.

As curvas de Pré e Cupom são as curvas básicas do mercado cambial, já a curva de dólar é uma curva montada a partir dos dados das curvas de Pré e Cupom. Dessa forma, para entender a construção da curva de dólar é necessário entender como o mercado analisa os pontos intermediários de cada mês.

Uma maneira comum de se realizar uma interpolação para encontrar o  $PU$  para um dia intermediário de uma curva é a interpolação exponencial. Quando se deseja calcular o  $PU$  para o dia  $DU^*$  que não existe na curva, procuramos na curva de juros o intervalo de datas que contém essa data  $DU^*$ . Nesse intervalo, obteremos as datas  $DU1$  e  $DU2$ , de forma que  $DU1 < DU^* < DU2$ .

Obtendo os valores correspondentes de  $PU$  para as datas  $DU1$  e  $DU2$  teremos:

$$PU^* = PU1 \times \left( \frac{PU2}{PU1} \right)^{\frac{(DU^* - DU1)}{(DU2 - DU1)}}$$

Onde:

- $PU^*$ : Preço unitário que se deseja calcular
- $PU1$ : Preço unitário com data menor que  $DU^*$
- $PU2$ : Preço unitário com data maior que  $DU^*$
- $DU1$ : Contagem de dias úteis até a data anterior a  $DU^*$
- $DU2$ : Contagem de dias úteis até a data posterior a  $DU^*$

## 2.10. Curva de Dólar

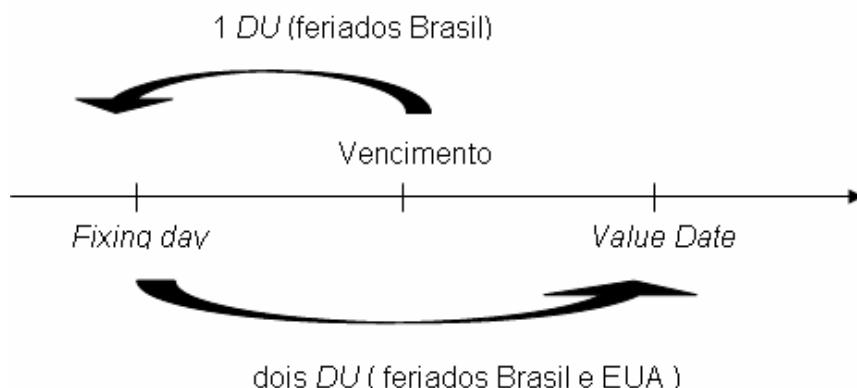
A curva básica para qualquer operador de dólar no Brasil é a curva de dólar. Com ela o operador especifica *NDFs* e *Swaps* para os clientes, calcula o seu risco e calcula também o seu *PNL* durante o dia. Antes de criar uma curva de dólar é de extrema importância considerar as datas e convenções importantes do mercado cambial brasileiro:

- Data de Vencimento: Igual à definição de data de vencimento dos futuros de dólar, sendo o primeiro dia útil de todos os meses.
- Data de *Fixing*: A partir da data de *fixing* o produto cambial não trará mais risco ao operador devido oscilações na cotação da moeda, pois o valor de liquidação já

foi fixado. A data do *fixing* no mercado brasileiro é sempre um dia útil anterior à data do vencimento (respeitando feriados do Brasil) e o seu valor é a PTAX.

- *Value Date*: O *value date* é a data mais importante ao se criar uma curva de moedas, pois é nessa data que as partes efetivamente trocam as moedas. Um operador recebe a moeda e o outro envia a moeda. O *value date* no mercado brasileiro é sempre dois dias úteis depois do dia do *fixing*, respeitando os feriados do Brasil e dos Estados Unidos.
- *Vértices*: Cada ponto da curva de juros é chamado no mercado de vértice da curva.

Um esquema com as datas importantes para a criação das curvas de dólar é:



**Ilustração 15 - Convenção de datas da curva de dólar**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Ao contrário das curvas de Pré e Cupom que utilizam as datas de vencimento em sua construção, a curva de dólar necessita que as datas utilizadas sejam as datas de *Value Date*.

O objetivo da curva de dólar é calcular a taxa efetiva que um empréstimo de dólar terá, utilizando como período de empréstimo o intervalo entre a data do *spot* e a data de *Value Date* dos contratos futuros. Esse cálculo é importante porque caso o banco necessite comprar ou vender dólar no futuro para um cliente, o intervalo que ele pagará ou receberá juros por essa quantia de dólares é o período citado.

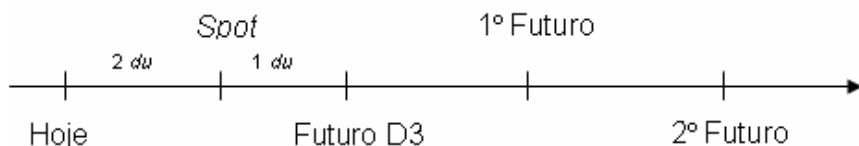
Um exemplo de curva de dólar pode ser vista a seguir:

Dol

**Tabela 6 - Exemplo de uma curva de dólar**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Uma curva de qualquer ativo possui na primeira linha o menor vencimento deste ativo. No caso dólar, portanto, temos o primeiro vértice da curva sendo o dólar *Spot*. O dólar *spot* tem data de vencimento em  $D+1$ , data de *fixing* sendo  $D0$  e *Value Date* em  $D+$ . Todas as datas citadas devem seguir as regras estabelecidas anteriormente. As outras datas importantes que serão analisadas estão graficamente a seguir (contagem de dias de hoje até os dias de vencimentos):



**Ilustração 16 - Vértices de uma curva de dólar**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Com o valor do dólar *spot* podemos calcular os próximos vértices da curva. A fórmula básica de *FX*, que foi apresentada no cálculo dos contratos futuros de dólar, é utilizada novamente:

$$FX = \frac{spot \times pré}{cupom}$$

Onde:

- *FX*: Cotação futura do dólar

O próximo vértice da curva de dólar é o do dia seguinte ao *spot*. Chamaremos esse vértice de “Futuro de três dias”, ou apenas *F3D*. Esse vértice é importante para introduzir na curva as informações de Cupom e CDI de um dia. Como o preço do *spot*, o valor do CDI *overnight* e o valor da taxa de cupom cambial são informações que conseguimos captar do mercado, podemos calcular o valor do vértice *F3D* da seguinte forma:

$$F3D = \frac{spot \times cdi}{cupom}$$

Onde:

- *F3D*: Cotação do futuro com vencimento em 3 dias úteis

A curva que desejamos criar é uma curva de taxas de juros, que chamaremos de *linha*, em função de datas futuras. A *linha* é a taxa de empréstimo de dólares no mercado *onshore* entre a data do *spot* e a data do *Value Date* de qualquer vértice considerado.

No caso do *F3D* essa taxa é bem próxima da taxa *LIBOR*, já que se trata de um empréstimo de um dia, entre o *spot* e o dia seguinte.

O próximo vértice após o *F3D* é o vértice do primeiro futuro de dólar. Novamente a data que nos interessa é a data do *Value Date* do contrato futuro. O valor da cotação do vértice do primeiro futuro não é uma cotação calculada utilizando fórmulas, já que esse vértice é intensamente negociado no mercado. Dessa forma, a cotação do vértice do primeiro futuro que é incluída na curva de dólar é a de mercado, obtida pelo *feeder* contratado pelo banco. Para calcularmos a taxa “linha” implícita no primeiro futuro podemos modificar a fórmula básica de *FX* para a seguinte forma:

$$linha = \frac{spot}{futuro} \times pré_{(período)}$$

Onde:

- Linha: Taxa de empréstimo de dólares no Brasil considerando as datas efetivas de *Value Date*
- Futuro: Cotação do contrato futuro de dólar
- Pré(período): Taxa de empréstimo de reais pelo período analisado

A taxa pré(período) utilizada nessa fórmula é a taxa pré entre a data do *spot* e a data do *Value Date* do primeiro futuro. Para calcular essa taxa *forward* (pois se trata de duas datas futuras), utilizamos a fórmula:

$$pré_{(período)} = \frac{PU1}{PU2}$$

Onde:

- *PU1*: *PU* calculado por interpolação para a data do *spot* utilizando a curva de Pré
- *PU2*: *PU* calculado por interpolação para a data do primeiro futuro utilizando a curva de Pré

Dessa forma, com a cotação do *spot*, a cotação de mercado do contrato futuro e a taxa *forward* de pré para as datas temos a taxa da *linha* implícita do primeiro futuro. Essa taxa *linha* entre o *spot* e o primeiro futuro será de suma importância no modelo, pois esta é a taxa implícita do *casado*, que será definido na próxima seção.

O último vértice que devemos calcular é o do segundo futuro de dólar, já que os próximos vértices utilizam a mesma metodologia de cálculo do segundo futuro. Para calcularmos a cotação do segundo futuro utilizamos:

- O valor da cotação do primeiro futuro
- A taxa Pré entre as datas de vencimento do primeiro futuro e do segundo futuro.
- O primeiro *FRA* de Cupom (que é negociado no mercado). Como já foi explicado, o *FRA* de Cupom é a taxa de empréstimo de dólares entre a data de vencimento do primeiro futuro de dólar e os primeiros dias úteis dos meses subsequentes.

Com estas informações podemos calcular a taxa do segundo futuro, ou de qualquer outro futuro subseqüente da seguinte forma:

$$Fut_{(n)} = \frac{fut_{(1)} \times pré_{(período)}}{FRA}$$

Onde:

- $Fut(n)$ : Cotação do  $n$ -ésimo futuro do contrato de dólar
- $pré$ (período): Taxa de empréstimo de reais pelo período analisado
- FRA: Taxa FRA de cupom do mercado para o vencimento  $n$

E para calcular a taxa *linha* implícita entre o *spot* e qualquer futuro com vencimento superior ao do primeiro futuro temos:

$$linha = \frac{fut_{(n)}}{spot}$$

Onde:

- $Fut(n)$ : Cotação do  $n$ -ésimo futuro do contrato de dólar

Para finalizar a curva de dólar temos que calcular o *PU* para as taxas de *linha* encontradas, Definindo que o valor futuro de dólares será de 100.000 USD, teremos:

$$PU = \frac{100.000}{\left(1 + \frac{linha \times DC}{360}\right)}$$

Onde:

- Linha: Taxa de empréstimo de dólar no Brasil, utilizando as datas dos *Value Dates*

Dessa forma a curva de dólar fica pronta para ser utilizada nas interpolações necessárias para calcular preços de *NDFs*. A função interpolará as datas para encontrar o valor da *linha* estimado nos pontos que não são presentes na curva.

## 2.11. Mercado de Derivativos de Balcão

O mercado de balcão organizado é um mercado que está sendo transferido para o meio eletrônico, mas ainda é muito importante para o funcionamento dos mercados, principalmente o cambial. No mercado de balcão os corretores são intermediários entre os operadores e as operações são registradas em centros de custódia como a CETIP.

Pelo fato de não ser um mercado com produtos padronizados, as possibilidades de alteração e criação de produtos especialmente para os clientes são inúmeras. No presente trabalho focaremos em dois produtos que são os que representam o maior número de operações de uma mesa proprietária de dólar. Os *NDFs* (*Non-deliverable-Forwards*), o *casado* e os *Swaps* cambiais.

### **2.11.1.Casado**

O mercado cambial brasileiro possui atualmente um número grande de fundos de investimentos, bancos de investimentos e até mesmo pessoas físicas e empresas que negociam dólar na BM&F. Esses participantes conseguem apenas negociar os contratos de dólar futuro. Os bancos autorizados pelo Banco Central são os únicos participantes autorizados a comprar e vender dólar *spot* no Brasil.

Da forma como foi formado o mercado, com essa restrição no dólar *spot*, os contratos de dólar futuros acabam tendo um número de negócios diários superior ao dólar *spot*. O mercado futuro é chamado de um mercado de maior liquidez por esse motivo.

Para criar um mercado mais justo e coerente entre o mercado *spot* e o mercado futuro foi criada a negociação do *casado*. O *casado* é um conjunto de duas operações, uma compra ou venda de *spot* e uma operação inversa de compra ou venda no contrato futuro. A operação no *spot* é registrada no SISBACEN, um sistema do Banco Central, com a quantia que os dois bancos negociaram de dólar *spot*. Já a operação de dólar futuro é registrada na BM&F como um futuro normal. A diferença de preços entre o dólar *spot* e o dólar futuro é chamada de *casado*.

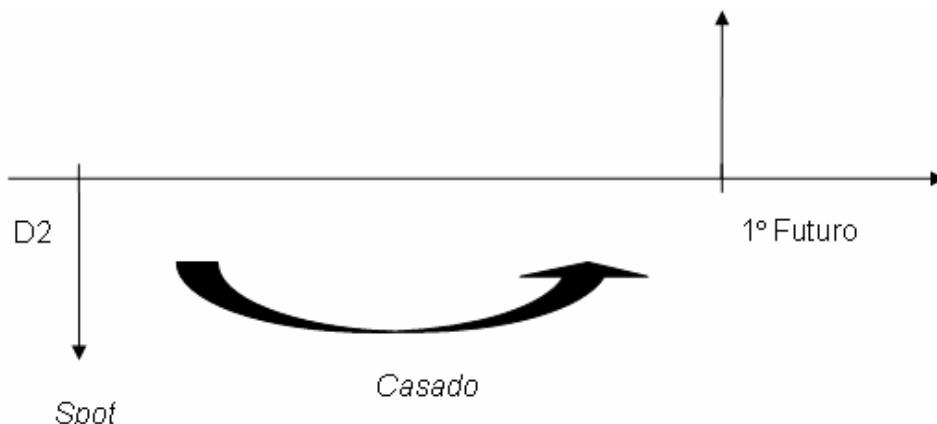
$$\text{Casado} = \text{Fut}_{(1)} - \text{Spot}$$

Onde:

- $\text{Fut}(1)$ = Cotação do primeiro contrato de dólar futuro

Existem corretores que fazem essa intermediação entre os bancos que desejam comprar ou vender o *casado* durante o dia. Ao se vender um contrato de *casado*, o operador recebe uma compra de futuro e uma venda de *spot* no mesmo montante. Assim, caso o operador deseja vender 10 milhões de USD de *casado* ele receberá uma venda de 10 milhões de USD *spot* e uma compra de 200 lotes de futuro ( dado que um lote de futuro equivale a 50.000 USD)

Esquematicamente temos:



**Ilustração 17 - Fluxo de caixa de uma operação de *casado***

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Como o mercado de futuros tem maior liquidez, podemos considerar o preço do *spot* como sendo função do preço do contrato futuro e do diferencial de juros de Pré e Cupom. Utilizando a fórmula de *FX*:

$$\frac{Fut}{spot} = \frac{Fut}{(fut - casado)} = \frac{\text{pré}}{\text{cupom}}$$

Onde:

- Fut: Cotação futura do dólar

Visto que os valores do futuro, da pré e do cupom são conhecidos, podemos calcular assim o preço justo para o *casado* durante o dia. Como o mercado tem como regra básica a lei da oferta e da procura, e o *casado* é utilizado como mercado de *hedge* para os bancos que compram e vendem *spot* para as empresas, é de se esperar que o preço do *casado* oscile durante o dia.

### 2.11.2. Non-Deliverable Forward (NDF)

Um dos produtos mais negociados pelo banco são as *NDFs* (*Non deliverable Forwards*). Ao contrário dos contratos futuro de moedas, o contrato de *NDF* dá ao cliente uma possibilidade maior de customização. As características que o cliente pode negociar com o banco são:

- *Notional* na moeda estrangeira: Podendo escolher qualquer moeda negociada pelo banco
- Data de vencimento: Dada em que o ajuste final será pago
- Data de *fixing*: A data futura que o preço será fixado, geralmente no mercado brasileiro o *fixing* é o dia útil anterior à data do vencimento e o valor do *fixing* é a PTAX.
- Regra de capitalização das taxas: O cliente escolhe a maneira como as taxas serão capitalizadas, podendo ser exponencial ou linear.

O objeto da negociação é a cotação *spot* futura da moeda na data do *fixing*. Quando um cliente deseja realizar o *hedge* de algum risco cambial futuro que a sua empresa corre ele entra em contato com o banco. O banco calcula a cotação futura para a data de vencimento utilizando a fórmula básica de *FX*, as informações acima mencionadas e as curvas atualizadas de dólar, pré e cupom.

Ao contrário de um contrato de DF (*Deliverable Forward*), no contrato de *NDF* não existe troca do montante principal no vencimento, apenas da diferença entre a taxa negociada  $p$  e a taxa da PTAX do dia do vencimento.

$$\text{Ajuste} = \text{Notional} \times (\text{PTAX} - p)$$

Onde:

- Ajuste: Valor a ser pago entre as partes do contrato
- *Notional*: Valor do contrato
- *PTAX*: Cotação da PTAX divulgada pelo Banco Central
- $p$ : Taxa negociada entre as partes

### 2.11.3.SWAP Cambial

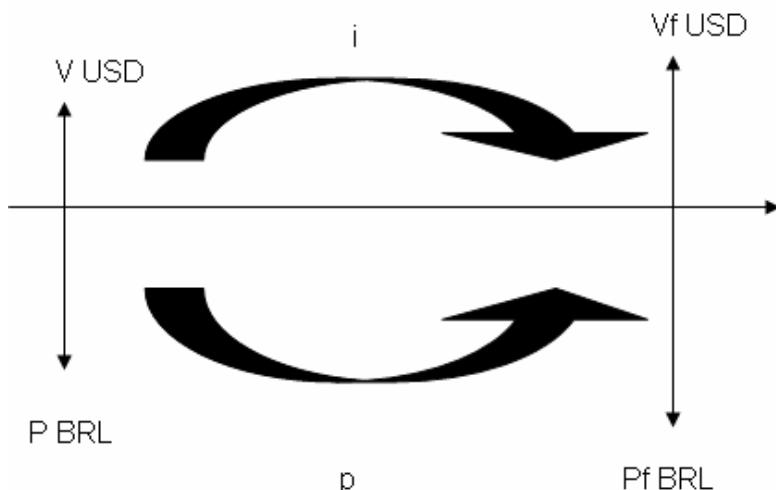
Os *swaps* cambiais são de extrema importância nos dias atuais visto que muitas empresas possuem empréstimos em moeda estrangeira. Os maiores clientes que utilizam o mercado de *swap* cambial são as empresas multinacionais que tomam dinheiro emprestado no exterior para financiar algum projeto e devem pagar juros sobre esse montante de moeda estrangeira.

Como a receita dessa empresa é em reais e ela geralmente não deseja correr esse risco de variação da moeda estrangeira nem das taxas de juros *offshore*, a empresa entra em contato com o banco em busca de um *swap* cambial. No *swap* ela recebe do banco o valor dos juros *offshore* e paga uma taxa de juros em reais, geralmente pré-fixada.

Existem diversos tipos de *swaps* no mercado, porém os mais comuns são dos tipos:

- *Fixed-to-Fixed*
- *Fixed-to-Float*

Esquematicamente, para qualquer tipo de *swap* mencionado onde se troca reais e dólares teremos:



**Ilustração 18 - Fluxo de caixa genérico de um Swap Cambial**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Cada lado do fluxo do *swap* é chamado de ““perna”” do *swap*. Assim, no esquema apresentado temos a ““perna”” dólar na qual o cliente recebe uma taxa  $i$  e a ““perna”” reais na qual o cliente recebe uma taxa  $p$ .

As características informadas pelo cliente sobre o *swap* que ele deseja firmar são:

- *Notional* na moeda estrangeira
- Taxa do *swap*: O cliente pode informar a taxa  $i$  e desejar uma taxa  $p$  ou o contrário
- Taxa de partida: A taxa que converte o valor inicial do *notional* entre as moedas, ela pode ser uma cotação fixa ou o valor de um *fixing*, como a PTAX do dia anterior da negociação.
- Data do vencimento
- Data do *fixing*: Usualmente é um dia útil antes da data de vencimento e o valor normalmente é a PTAX.
- Regra de capitalização das taxas: O cliente escolhe a maneira como as taxas serão capitalizadas.
- Troca ou não de *notional*: Alguns clientes podem optar por trocar as quantias de moedas no inicio do *swap* e devolver no final do *swap*. A maioria dos clientes não deseja trocar as quantidades iniciais no *swap* e apenas as finais ( $V_f$  e  $P_f$ )

Com essas características temos as seguintes modificações:

- *Fixed-to-Fixed*

Os *swaps Fixed-to-Fixed* são os tipos mais simples de *swaps* cambiais, a nomenclatura *Fixed-to-Fixed* é dessa forma, pois o cliente efetivamente esta trocando o risco de uma taxa pré-fixada por outra pré-fixada.

Uma empresa que contrata um financiamento em dólares em um banco estrangeiro, no qual ela pagará uma taxa fixa  $i$  sobre o valor *notional* de dólares, pode não desejar correr o risco da variação do dólar nem da taxa de juros americano. Para isso ela pode fazer um *swap* na qual ela recebe o fluxo necessário para pagar este financiamento de dólares e paga em retorno uma taxa  $p$  sobre o valor de reais equivalentes. Essa taxa  $p$  é calculada por vários bancos e o cliente decide fechar o contrato com o banco que apresentar o menor valor de  $p$ .

Considerando o valor do financiamento como sendo  $V$  milhões de dólares, no momento em que o *swap* é firmado, as partes acordam na utilização de uma taxa de partida, chamada de *Fxstart*. Dessa forma o valor inicial de reais será fixado em:

$$P = V \times Fxstart$$

Onde:

- P: Valor presente em reais
- V: Valor presente em dólares
- *Fxstart*: Cotação inicial que transforma os dólares em reais

Como a taxa de rentabilidade dos dólares já é fixada e informada pelo cliente, podemos calcular o valor futuro da “perna” dólar (assumindo capitalização linear com 360 dias corridos):

$$Vf = V \times \left( \frac{i \times DC}{360} + 1 \right)$$

Onde:

- Vf: Valor futuro de dólares
- V: Valor presente de dólares
- i: Taxa de remuneração dos dólares negociada entre as partes

Tendo o valor futuro de dólares fixo, podemos transformar esse valor futuro de dólares em um valor futuro de reais. Para realizar essa conversão, podemos utilizar a curva de dólares do banco que nos informa o valor justo para os dólares, *FX(curva)*, da data em questão:

$$Pf = Vf \times FX_{(curva)}$$

Onde:

- Pf: Valor futuro de reais
- Vf: Valor futuro de dólares
- *FX(curva)*: Cotação futura da moeda utilizando a curva de dólar

Com os valores iniciais e finais da “perna” reais, o banco consegue calcular a taxa implícita anualizada desse *swap* e passar para o cliente (considerando capitalização exponencial e contagem de 252 dias úteis):

$$p = \left( \left( \frac{Pf}{P} \right)^{\left( \frac{252}{DU} \right)} - 1 \right) \times 100$$

Onde:

- p: Taxa de remuneração dos reais

- Pf: Valor futuro dos reais
- P: Valor presente dos reais

Esse é o valor da taxa em reais que o cliente terá que pagar de juros para receber na data do vencimento o valor de dólares necessários para liquidar o financiamento.

- *Fixed-to-Float*

Nos swaps *Fixed-to-Float* o cliente possui alguma dívida em que pagará uma taxa de juros ainda desconhecida. Essa taxa de juros desconhecida pode ser em reais ou em dólares. No caso de um cliente que possui uma dívida onde deverá pagar a taxa *LIBOR* sobre os dólares do empréstimo, ele pode estar desconfortável com essa dívida e desejar transformá-la em uma dívida onde deverá pagar uma taxa fixa em reais.

Como a taxa *LIBOR* que será observada de hoje até o vencimento da operação é desconhecida, o banco utiliza o valor projetado pelo mercado para a taxa. Assim, o banco consegue calcular uma taxa fixa em reais que resultará em um valor futuro equivalente à uma quantia de dólares aplicados na taxa projetada da *LIBOR*.

A maneira como o *PNL* de um *swap* dessa maneira é calculado será explicada mais adiante no presente trabalho.

### **3. Análise de Riscos**

Após diversas crises financeiras, o risco das operações financeiras tem sido muito bem estudado e aprimorado. Na história recente das crises, muitas vezes o fator gerador da crise foi um grupo de pessoas que resolveram tomar um risco maior que podiam, ou falharam em calcular o possível risco que alguma operação podia criar. Em tempos de alta volatilidade dos preços é importante uma área de risco que seja capaz de calcular o impacto nas perdas que um movimento acima da média normal do mercado pode causar.

Assim, a qualidade mais importante para um bom operador de mercado é a compreensão dos riscos que os produtos que ele compra e vende trazem. Todos os produtos do mercado financeiro representam algum tipo de risco para os operadores que os possuem. O operador deve conhecer os seus riscos antes do dia começar para conseguir administrá-los de maneira

mais coerente, mantendo os riscos que acredita que lhe darão retorno e zerando os riscos que potencialmente trarão prejuízo.

Os bancos tentam diminuir os riscos que os operadores possuem por meio de “cartas-limites”. Estas cartas explicitam o quanto o operador, ou até mesmo toda a tesouraria, pode possuir de risco nos mais diversos ativos. Caso esse valor é excedido, medidas fortes são tomadas pelos bancos.

O modelo desenvolvido pelo autor tem como objetivo diminuir um tipo de risco dos operadores de mercado. Para a construção do modelo é necessário compreender a análise dos riscos dos produtos e os cálculos que foram utilizados na construção do modelo.

Os riscos no mercado financeiro são basicamente de três tipos:

- Risco de Mercado
- Risco de Crédito
- Risco de Liquidez

Todos os produtos do mercado possuem algum tipo de risco, seja ele desprezível ou não. O mercado tende a assumir alguns ativos como sendo livre de risco, como o caso das notas de dívida emitidas do tesouro americano, porém até essas notas possuem risco. No caso do governo americano não conseguir honrar a sua dívida, os detentores dessas notas terão um prejuízo devido à inadimplência do governo (essa ação também é chamada de *default* do governo). Podemos então definir cada um dos tipos de riscos a seguir.

### **3.1. Risco de Mercado**

O mercado financeiro é composto por diferentes bancos e empresas que possuem diferentes custos de oportunidades e entendimento dos eventos econômicos. Temos que o preço de um ativo é o ponto de equilíbrio entre o quanto as pessoas interessadas em comprar estão dispostas a pagar e o quanto as pessoas interessadas em vender estão interessadas em fechar o negócio. Dessa forma, diferentes notícias ou simplesmente uma mudança na razão de oferta e procura de um ativo podem modificar o preço desse ativo durante o dia.

O risco de mercado é o risco que o banco corre de perder dinheiro devido às mudanças nas taxas de juros, cotações cambiais, ou qualquer outro preço que causa prejuízo ou lucro para a instituição. Para se livrar desse risco de mercado a instituição deve realizar o devido *hedge* da posição que cria esse risco.

### **3.2. Risco de Crédito**

Quando o banco empresta capital para alguma empresa realizar algum projeto, a área de crédito e risco do banco analisa as possíveis chances de um *default* por parte da empresa. O risco da empresa não pagar as suas devidas obrigações é chamado de risco de crédito.

As operações de balcão possuem risco de crédito já que a contraparte é uma empresa ou algum outro banco que podem falir e não pagar o que é devido. Já no caso das operações de bolsa o risco é menor, visto que a contraparte do comprador e do vendedor é a correspondente bolsa onde o negócio está sendo fechado. Nesse caso o maior risco é da própria bolsa de valores. Para a bolsa lidar com esse risco ela exige o depósito de margens de segurança, variando de acordo com a instituição e o risco do ativo.

### **3.3. Risco de Liquidez**

O último tipo de risco que uma instituição pode correr é o risco de liquidez. Muitos produtos possuem uma liquidez muito baixa, com um número reduzido de negócios realizados por dia. Dessa forma, caso um operador possua um produto desse tipo e deseja liquidar a operação, é possível que ele não seja capaz encontrar uma contraparte interessada em realizar a ponta contrária do negócio.

Assim, caso exista alguma outra oportunidade de negócio que é de interesse do banco, ou alguma obrigação a ser paga, o banco pode ser obrigado a liquidar outro ativo mais líquido. Caso o banco não possua mais ativos líquidos, ele pode até mesmo ficar inadimplente. Dessa forma, a tesouraria deve sempre levar em conta o quanto dos seus investimentos está alocado em ativos ilíquidos.

### **3.4. Marcação a Mercado (MTM)**

A parte mais importante para o operador de mercado financeiro é o seu risco de mercado, visto que ele é responsável por zerar as suas posições compradas e vendidas dos ativos. Assim é importante compreender como é calculado o valor corrente dos produtos. A maneira mais usual dos bancos calcularem o valor corrente dos produtos é através da marcação a mercado das operações, chamada de *Mark-to-Market (MTM)*.

Para analisar as operações do *book* de um banco, inicialmente é necessário conhecer as características do banco, como localização, captação de dinheiro, etc. No caso do banco estudado, que é um banco *onshore* e tem como suas principais fontes de financiamento os títulos atrelados ao CDI, temos que o custo do dinheiro do banco é indexado à taxa do CDI.

Como o banco é um banco *onshore*, o retorno do banco é calculado em reais. Dessa forma, os fluxos em outras moedas devem ser convertidos para reais para calcularmos o valor desses fluxos.

A marcação a mercado é o método utilizado pelo banco onde ele calcula o retorno que obteria caso liquidasse as operações no próprio dia. Como umas grandes partes dos produtos do banco possuem fluxos em datas futuras, ele estima quanto valeria esse fluxo futuro no dia de cálculo.

### 3.4.1. MTM de uma NDF

No caso onde o banco compra dólares de um cliente por meio de uma *NDF* em  $D0$  para a data  $D30$  por um valor fixo de  $Fx_{d0}$ , ele terá o seguinte fluxo futuro:



**Ilustração 19 - Fluxo de uma NDF negociada em D0 com o cliente**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

O valor a ser pago por esse fluxo de dólar foi fixado pelas contrapartes como sendo:

$$P0 = V0 \times Fx_{d0}$$

Onde:

- $P_0$ : Valor futuro inicial de reais
- $V_0$ : Valor futuro inicial de dólares
- $FXD_0$ : Valor futuro inicial da cotação dos dólares

Com a operação fechada, os operadores podem calcular o retorno dela a qualquer momento da vida da operação. Para saber quanto a operação vale em  $D_{20}$ , por exemplo, o operador estima o seu *PNL* utilizando o valor do *FX* desse momento com os dados atualizados do mercado:

$$PNL = V_0 \times (FXD(20) - FXD(0)) \times df_{pre}$$

Onde:

- $V_0$ : Valor futuro inicial de dólares
- $FXD(20)$ : Valor futuro da cotação calculado em  $D_{20}$
- $FXD_0$ : Valor futuro inicial da cotação dos dólares
- $df_{pré}$ : *Discount-factor* da curva pré

Essa fórmula nos mostra que podemos saber quanto vale esse fluxo a qualquer momento da vigência do contrato, apenas calculando o  $FXd(n)$  utilizado para converter o recebível de dólares para reais. Como a diferença será paga no futuro, temos que calcular o valor presente dela, multiplicando-a pelo *discount factor* da curva de custo do dinheiro do banco, no caso, a pré.

Dessa forma, podemos calcular o *MTM* de uma *NDF*, que é o quanto o banco teria que pagar ou receber da contraparte caso a operação fosse liquidada.

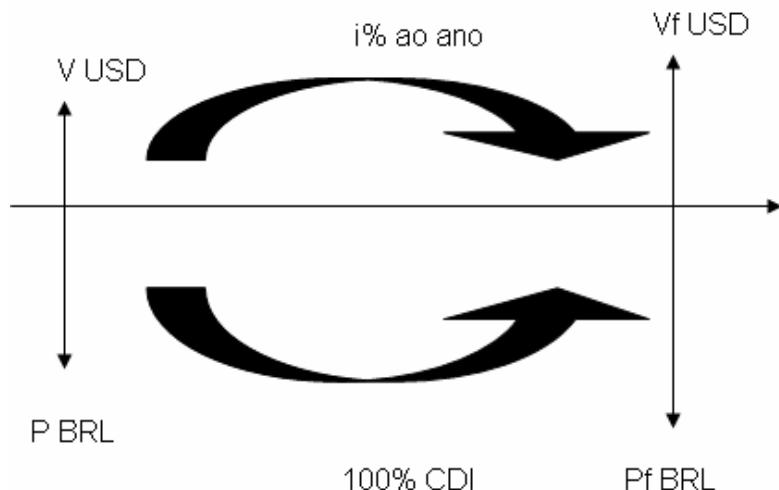
### 3.4.2. MTM de um Swap

Para calcular o *MTM* de um *swap*, devemos primeiramente conhecer as características do contrato firmado com o cliente. Para os casos de *swaps Fixed-to-Fixed* o cálculo do *MTM* é igual ao de uma *NDF*. A semelhança ocorre, porque um *swap* entre uma taxa fixa em reais e uma taxa fixa em dólares é exatamente igual a uma *NDF* nos quesitos de riscos e marcação a mercado.

A diferença entre um *NDF* e um *Swap* se dá nos casos onde existe uma ““perna”” *float*. Nesse caso, como a taxa de juros da ““perna”” *float* não é fixado no momento em que o *swap*

é negociado, é necessário considerar o comportamento passado da ““perna”” *float* para calcular o *PNL* em qualquer data da vigência do contrato.

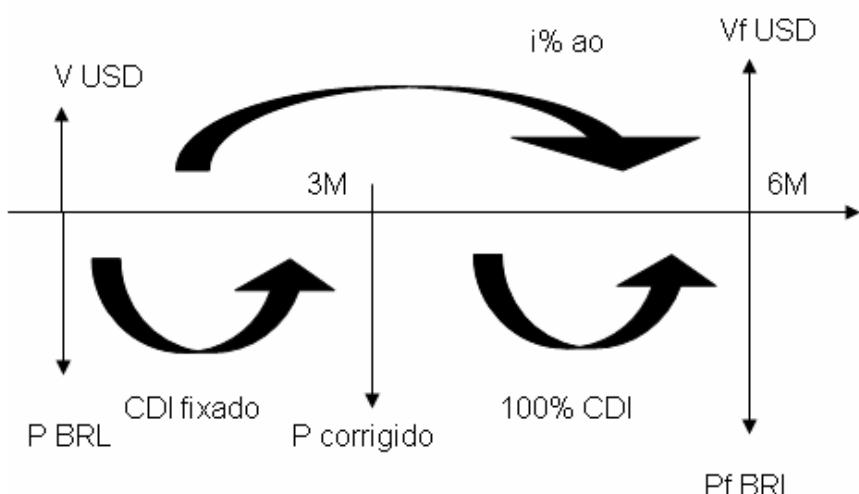
No caso onde o banco fecha um *swap* com um cliente onde ele recebe uma taxa fixa em dólares de  $i\%$  ao ano e paga uma taxa flutuante de 100% do CDI no período de seis meses haverá o seguinte fluxo na data da negociação



**Ilustração 20 - Fluxo de um swap 100% CDI contra  $i\%$  de USD ao ano**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Com o passar dos dias, os valores de CDI, que na data de início eram desconhecidos, passam a ser divulgados pelo banco central. Assim, o nível de incerteza da ““perna”” flutuante diminui com o passar dos dias. Para calcular o *MTM* desse *swap* três meses após ele ser negociado observamos o esquema:



**Ilustração 21 - Fluxo de caixa de um swap Fixed-to-Float 3 meses após o seu início**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Na “perna” fixa de dólar o banco continua recebendo uma taxa de  $i\%$  ao ano. Já na “perna” reais, como o valor de CDI do período entre  $D0$  e  $D90$  já é conhecido, podemos calcular o valor presente do fluxo de reais para a data  $D90$ . Podemos também calcular o NPV (*Net Present Value*) da “perna” dólar no dia  $D90$  como sendo:

$$NPV_{\text{dólar}} = \left( V \times \left( 1 + \frac{i \times 180}{360} \right) \right) \times FXD(90) \times dfpre$$

Onde:

- $NPV_{\text{dólar}}$  – Valor presente da ‘perna’ dólar
- $V$ : Valor presente de dólares
- $i$ : Taxa de juros dos dólares
- $FXD(90)$ : Cotação futura da moeda para 90 dias
- $dfpre$ : *Discount-factor* da curva pré

No caso da “perna” *float* de reais, teremos um NPV que é função do CDI já fixado do período, assim:

$$NPV_{\text{reais}} = P \times \left( 1 + cdiperíodo \right)^{\left( \frac{90}{252} \right)}$$

Onde:

- $NPV_{\text{reais}}$  – Valor presente da ‘perna’ reais
- $P$ : Valor presente dos reais
- $cdiperíodo$ : Taxa CDI acumulada desde o início da operação até o dia do cálculo

Com ambos os valores presentes das “pernas” fixas e flutuantes podemos calcular o *MTM* do *swap* para o dia  $D90$  sendo:

$$NPV_{\text{swap}} = MTM_{\text{swap}} = NPV_{\text{dólar}} - NPV_{\text{reais}}$$

Com o *MTM* do *swap* calculado, caso a contraparte desejasse reverter o *swap*, o banco cobraria dela o valor do *MTM* da operação mais um *spread* por ser obrigado a reverter a operação durante a vigência dela.

### 3.5. Pbvp (Price Value of a basis point)

A medição de risco mais comum do mercado financeiro é o cálculo do *PVBP* das operações. O *PNL* das operações de mercado oscila de acordo com os movimentos do mercado. Para cada segundo existe um *MTM* do produto que pode ser calculado com os dados do mercado. Assim, para facilitar os cálculos de quanto um operador ganha ou perde devido os movimentos do mercado, ele utiliza o método de cálculo dos *Pvbps* da operação.

Em um caso de uma compra de dólar por meio de uma *NDF*, que pode ser acompanhado na planilha anexa do presente trabalho na pasta “*Pvbp*”, obtemos os seguintes dados:

Fixos	
	<i>NDF com cliente</i>
Principal	\$10.000.000
<i>Spot</i>	1,95
Pré	9%
Cupom	3%
<i>DU</i>	40
<i>DC</i>	55
<i>FX0</i>	1,96784

Tabela 7 - Dados para cálculo de *Pvbp*

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

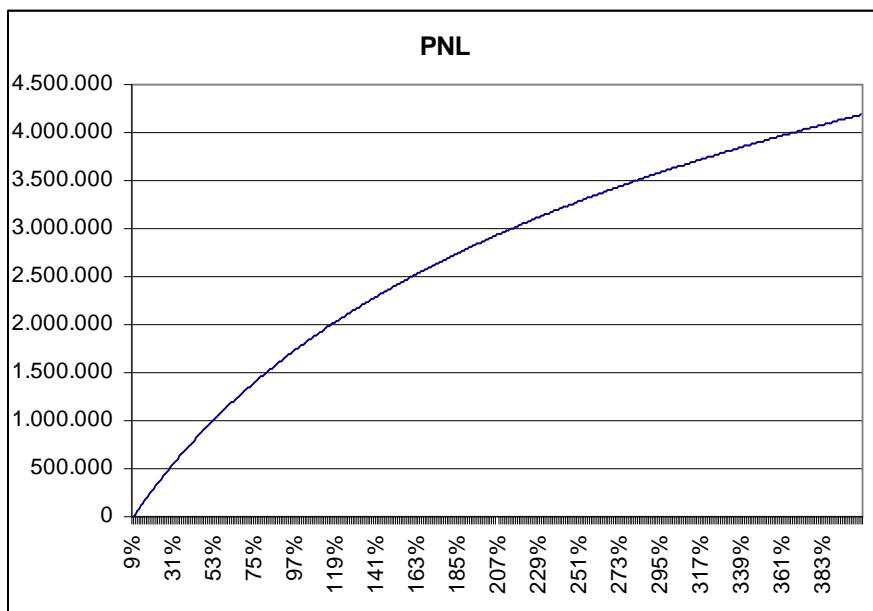
Sendo:

- Principal: Valor *notional* firmado com o cliente
- *Spot*: Valor da cotação spot USDBRL no momento do cálculo
- *Pré*: Taxa interpolada da curva de Pré no momento do cálculo para a data de vencimento
- *Cupom*: Taxa interpolada da curva de Cupom no momento do cálculo para a data de vencimento
- *DU*: Contagem de dias úteis entre o momento do cálculo e a data de vencimento
- *DC*: Contagem de dias corridos entre o momento do cálculo e a data de vencimento
- *FX0*: Valor calculado do *FX* para a data do vencimento utilizando as informações da tabela

Podemos calcular o *MTM* dessa operação para qualquer taxa pré, cupom ou *spot*. Somando um valor de 1% na taxa pré para o período e recalculando o *MTM* da operação, com demais características constantes, perceberemos que existirá um aumento no *MTM* da operação:

$$MTM_{final} = MTM_{initial} + 28.117,86 \text{ BRL}$$

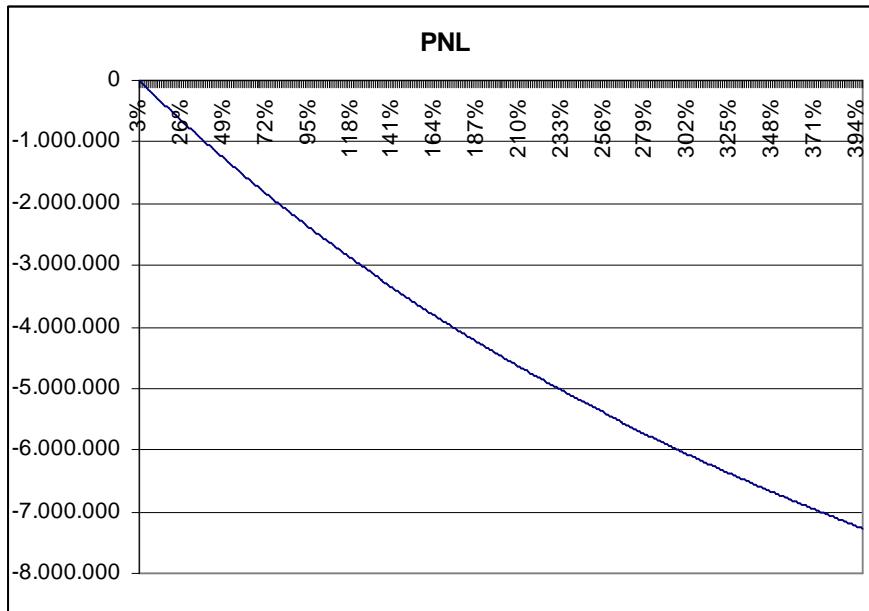
Simulando o comportamento do *MTM* da operação com aumentos fixos de 1% na taxa pré teremos o seguinte gráfico:



**Ilustração 22 - Gráfico de PNL com variações de 1% na taxa pré do período**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Para o caso de alterações da taxa cupom, teremos o seguinte:



**Ilustração 23 - Gráfico de PNL com variações de 1% na taxa cupom do período**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Do gráfico, podemos perceber que o valor do *MTM* da operação aumenta com o aumento da pré e que esse aumento possui uma convexidade conforme a taxa pré aumenta. Dizemos que o operador está “tomado” na taxa pré, pois ele ganha dinheiro quando a taxa pré aumenta.

No caso do cupom podemos perceber que o gráfico possui comportamento inverso com aumento da taxa, e dizemos que o operador está “dado” na taxa do cupom, pois ele perde dinheiro com o aumento dessa taxa.

Como a taxa pré e cupom não possuem uma volatilidade muito expressiva durante o dia, o mercado costuma calcular uma aproximação linear para essa variação de *PNL* com a mudança das taxas.

O cálculo do *pvbp* é, portanto, uma simplificação do cálculo da alteração do *PNL* do operador. Nesta simplificação, o operador não deriva a função do *PNL*, e apenas calcula o *PNL* alterando a taxa desejada em um *base-point*. Ele simplifica dessa forma porque considera que a derivada nas proximidades do ponto é constante. Temos que um base-point é definido como:

$$1\text{bp}=0,0001=0,01\%$$

Para os operadores de mercado, é importante saber o quanto o seu *PNL* irá variar com as mudanças do mercado. Assim, todos os dias os operadores calculam quais os seus riscos em *Pvbp* para as taxas que modificam o *PNL* do seu *book*. De maneira genérica, podemos calcular o *Pvbp* de qualquer taxa da seguinte forma:

$$Pvbp = PNL(\text{taxa alterada em um } bp) - PNL(\text{taxa original})$$

Para o caso do exemplo, teremos os seguintes riscos do operador:

<b>Pvbp Pré</b>	282,66
<b>Pvbp Cupom</b>	-295,20

**Tabela 8 - Riscos de Pvbp do operador**

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Para valores grandes existe uma distorção entre o valor calculado pelo *Pvbp* e por meio de cálculo diferencial. No presente trabalho utilizaremos o cálculo das derivadas para a construção dos riscos e do modelo.

### 3.6. Risco FX

Em todas as operações onde há troca de moeda entre as contrapartes, existe um risco da variação da cotação dessa moeda no decorrer da operação. A este risco se dá o nome de risco *FX*. O risco *FX* mensura o valor que o operador possui de moeda estrangeira sujeita às variações da cotação dessa moeda.

No exemplo de compra de dólar por meio de *NDF* exposto na planilha anexada ao presente trabalho na pasta “*Pvbp*”, podemos calcular o quanto o banco está comprado no dólar ao calcular o valor presente dos 10 milhões de dólares utilizando a taxa de cupom do exemplo:

$$RiscoFX = \frac{10.000.000}{\left(1 + \frac{cupom \times DC}{360}\right)} = 9.954.375,77 \text{ USD}$$

Onde:

- Risco FX: Risco resultante de uma variação da cotação da moeda

Dessa forma, caso o banco desejasse zerar o seu risco proveniente da variação do dólar, ele poderia simplesmente comprar \$9.954.375,77 de dólares no mercado *spot*.

### 3.7. Riscos de um Futuro de DI

O contrato de DI se assemelha a um empréstimo de reais entre duas partes. Dessa forma, o banco possui apenas um valor futuro em reais a receber ou pagar. O cálculo de *PNL* de um contrato, como já foi explicitado é:

$$PNL = \left( \frac{100.000}{(1 + pré)^{\left(\frac{DU}{252}\right)}} - \frac{100.000}{(1 + pré0)^{\left(\frac{DU}{252}\right)}} \right) \times \frac{1}{cdi}$$

Onde:

- pré0: Taxa de empréstimo de reais para a data de vencimento partindo da data de negociação

Podemos perceber que o *PNL* do operador é função apenas do valor final da taxa pré de mercado. Para conhecer o quanto o operador ganha ou perde com uma variação da taxa pré podemos derivar a função *PNL* em relação à taxa pré. Dessa forma, o risco pré do operador em um contrato de DI futuro é de:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(pré)} = \frac{100.000 \times \left( -\frac{DU}{252} \right)}{cdi \times (1 + pré)^{\left(\frac{DU}{252}-1\right)}}$$

Onde:

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(pré)}$ : Risco de variação da taxa pré

Os operadores de mercado possuem uma tabela com os riscos *Pvbp* para todos os vencimentos da BM&F. Assim, ao fechar um contrato de *NDF* e calcular o risco de pré desse

produto, o operador consegue saber quantos contratos de DI futuro ele deve comprar ou vender para zerar o risco pré de sua *NDF*.

### 3.8. Riscos de um Futuro de DDI

O contrato de DDI não possui muita liquidez na bolsa, apenas a composição de dois contatos de DDI que formam um FRA. O contrato dá ao comprador um fluxo futuro em dólares. Podemos calcular o *PNL* de um contrato de DDI da seguinte forma:

$$PNL = \frac{(PU(\text{fechamento}) - PU(\text{inicial})) \times PTAX \times (D - 1)}{(1 + cdi)^{\left(\frac{1}{252}\right)}}$$

Sendo:

$$PU_{(\text{inicial})} = \frac{100.000}{\left( \left( cupom0 \times \frac{n}{360} \right) + 1 \right)}$$

$$PU_{(\text{fechamento})} = \frac{100.000}{\left( \left( cupom \times \frac{n}{360} \right) + 1 \right)}$$

Onde:

- *cupom0*: Taxa de empréstimo de dólar na data inicial
- *PTAX(D-1)*: *PTAX* divulgada pelo Banco Central no dia anterior ao dia do cálculo

A função de cálculo de *PNL* de um contrato de DDI é apenas função da taxa *i* de cupom utilizada e do valor da *PTAX*. Como o contrato de DDI é função da variação da taxa de câmbio, *PTAX*, ele possui risco *FX*. Podemos calcular esse risco descobrindo o valor presente em dólares de um contrato de DDI. Um contrato de DDI equivale a 50.000 USD na data de vencimento. Portanto:

$$RiscoFX = \frac{50.000}{\left( 1 + \frac{cupom \times DC}{360} \right)}$$

Onde:

- Risco *FX*: Risco resultante de uma variação da cotação da moeda

A outra variável que é responsável por variações no *PNL* de um contrato de DDI é o valor do cupom cambial. Podemos derivar a fórmula de *PNL* do contrato e chegaremos ao seguinte risco de cupom:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)} = \frac{\left( -\frac{100.000 \times PTAX \times n}{360} \right)}{cdi \times \left( 1 + \frac{cupom \times n}{360} \right)^2}$$

Onde:

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)}$ : Risco de variação da taxa cupom

### 3.9. Riscos de um Futuro de USD

O contrato de dólar futuro apresenta risco de pré, cupom e *FX*. A fórmula de cálculo de *PNL* de um contrato de dólar futuro, que tem valor base de 50.000 dólares, é a seguinte:

$$PNL = \frac{(FX - FX0) \times 50.000}{(1 + cdi)^{\left(\frac{1}{252}\right)}}$$

Onde:

- *FX*: Cotação futura do dólar no dia do cálculo
- *FX0*: Cotação futura do dólar no momento da negociação

Que podemos reescrever da seguinte maneira:

$$PNL = \left( \frac{spot \times pre}{cupom} - \frac{spotd0 \times pre0}{cupom0} \right) \times \frac{50.000}{(1 + cdi)^{\left(\frac{1}{252}\right)}}$$

A partir desta formula teremos os demais riscos de um contrato de dólar futuro.

- Risco *FX*

Devido à maneira que o contrato de dólar futuro é construído, onde o *PNL* é pago no dia seguinte, teremos um valor de risco *FX* que é diferente de apenas trazer o fluxo de dólar a valor presente pela taxa do cupom. Ao se derivar a fórmula do *PNL* temos:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(spot)} = \left( \frac{50.000 \times pré}{cupom} \right) \times \frac{1}{(1 + cdi)^{\left(\frac{1}{252}\right)}}$$

Onde:

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(spot)}$ : Risco de variação da taxa *spot*

Essa fórmula nos mostra que caso o banco compre 100 contratos de dólar futuro, que equivalem a cinco milhões de dólares, ele possuirá um risco de *FX* maior que cinco milhões de dólares. Esse detalhe é muito importante, pois produtos como a *NDF* e o *Swap*, que possuem o mesmo fluxo de dólar para a mesma data, terão riscos de *FX* menores que cinco milhões.

Portanto, quando o operador decide zerar o seu risco de *NDF* ou *Swap* com um contrato de dólar futuro ele deve calcular o risco *FX* levando em conta essa diferença.

- Risco Pré

O risco pré de um contrato de dólar futuro pode ser calculado derivando a mesma fórmula de *PNL* e chegando em:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(pré)} = \left( \frac{50.000 \times spot \times \left( \frac{du}{252} \right) \times (1 + pré)^{\left(\frac{du}{252}\right)-1}}{\left( cdi \times \left( 1 + cupom \times \frac{dc}{360} \right) \right)} \right)$$

Onde:

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(pré)}$ : Risco de variação da taxa pré

Esse valor de risco pré o operador pode zerar no mercado de DI futuros.

- Risco Cupom

O último risco presente em um contrato de dólar futuro é o risco de cupom cambial. Derivando a fórmula de *PNL* para uma variação da taxa de cupom teremos:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)} = \frac{-spot \times (1 + pré)^{\left(\frac{du}{252}\right)} \times 50.000 \times DC}{\left(cdi \times 360 \times \left(1 + cupom \times \frac{DC}{360}\right)^2\right)}$$

Onde:

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)}$ : Risco de variação da taxa cupom

O hedge desse risco de cupom cambial é realizado no mercado de FRA para os contratos futuros de dólar de vencimento longos. Para o caso do dólar de maior liquidez que é o dólar futuro de primeiro vencimento, o hedge do risco de cupom cambial deve ser feito por meio do *casado*.

### 3.10. Riscos do Casado

Na operação de *casado*, o operador que compra o *casado* recebe uma compra de *spot* e uma venda de primeiro futuro. Dessa forma, os riscos de pré e de cupom presentes na operação de *casado* são iguais aos riscos presentes em um dólar futuro.

Quando um operador decide zerar o seu risco de cupom para uma data longa, superior à data do primeiro futuro ele necessita apenas comprar ou vender um DDI no mercado. Quando o risco de cupom desse operador se encontra em uma data entre o *spot* e o primeiro futuro, para zerar o risco da variação da taxa de cupom ele deve comprar ou vender o *casado*.

Podemos imaginar o *casado* como sendo um FRA de cupom com vencimento curto em dois dias e vencimento longo na data do primeiro futuro. Dessa forma, podemos calcular uma taxa de cupom implícita na operação do *casado*:

$$\text{Cupom implícito} = \frac{\text{spot} \times \text{pré}}{\text{Futuro}}$$

Dessa forma, se um operador está comprado no *casado*, ele deseja que a taxa implícita do cupom suba. Se o operador está vendido no *casado*, ele deseja que a taxa implícita caia.

Entre o *casado* e o dólar futuro existem diferenças nos riscos de *FX*. Por definição, o risco *FX* de qualquer quantia de dólar *spot* é exatamente igual à esta quantia.

$$\text{Risco } FX(\text{spot}) = \text{spot}$$

Porém, qualquer quantia de dólar futuro possui um risco *FX* maior que esta mesma quantia. Como em um contrato de *casado* o operador recebe a mesma quantia de dólares em *spot* e em contratos futuros, o operador não estará zerado em risco *FX* dado que:

$$\text{Risco } FX(1 \text{ milhão USD spot}) < \text{Risco } FX(1 \text{ milhão de USD em contratos futuros})$$

Dessa forma, quando um operador compra o *casado* (compra o *spot* e vende o contrato futuro) ele possui uma posição residual vendida em dólar.

### 3.11. Riscos de uma NDF

Uma operação de NDF se assemelha com uma operação de dólar futuro. Porém existem diferenças notáveis devido à existência de pagamento de ajustes nos contratos de dólar futuros. A função *PNL* para uma operação de NDF pode ser vista como:

$$PNL = \text{Notional} \times (FX - FX_0) \times df_{pre}$$

Onde

- *Notional*: Montante do contrato
- *FX*: Cotação futura do dólar no dia do cálculo, utilizando a fórmula básica do *FX*
- *FX<sub>0</sub>*: Cotação futura do dólar no momento da negociação, utilizando a fórmula básica do *FX* com as informações iniciais
- *df<sub>pré</sub>*: *discount-factor* da taxa pré

Equivalente à:

$$PNL = Notional \times \left( \frac{\left( spot \times (1 + pre)^{\left(\frac{DU}{252}\right)} \right)}{\left( 1 + \frac{cupom \times DC}{360} \right)} \right) - FX0 \times dfpre$$

Onde:

- *Notional*: Montante do contrato
- *FX0*: Cotação futura do dólar no momento da negociação, utilizando a fórmula básica do *FX* com as informações iniciais
- *dfpre*: *discount-factor* da taxa pré

Ao analisar a função *PNL* percebemos que uma NDF possui variação de *PNL* devido o comportamento da taxa pré, do cupom e do *spot*. Analisaremos os riscos da NDF para cada um destes fatores.

- Risco FX

O risco FX de uma NDF é exatamente o valor presente do seu fluxo de dólares futuros descontados pela curva de cupom cambial.

$$RiscoFX = \frac{Vf}{\left( 1 + \frac{cupom \times DC}{360} \right)}$$

Onde

- Risco FX : Risco de uma variação na moeda
- Vf: Valor futuro do dólar

- Risco Cupom

Para calcular o risco da NDF devido variações da taxa do cupom, podemos derivar a equação do *PNL* em relação ao cupom:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)} = \frac{-Vf \times spot \times \frac{DC}{360}}{\left(1 + \frac{cupom \times DC}{360}\right)^2}$$

Onde

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)}$  : Risco de uma variação na taxa cupom
- Vf: Valor futuro do dólar
- Risco Pré

Podemos também derivar a equação de *PNL* de uma NDF para encontrar a variação devido mudanças na taxa pré:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(pre)} = \frac{VF \times FX0 \times \frac{DU}{252}}{(1 + pré)^{\left(\frac{DU}{252} - 1\right)}}$$

Onde

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(pre)}$  : Risco de uma variação na taxa pré
- Vf: Valor futuro do dólar
- *FX0*: Cotação futura do dólar no momento da negociação, utilizando a fórmula básica do *FX* com as informações iniciais

Comparando os resultados com as equações resultantes da análise de riscos de um dólar futuro, podemos perceber que o fato dos ajustes do dólar futuro serem pagos no dia seguinte traz mudanças no cálculo dos riscos dos dois produtos.

### 3.12. Risco de Fixing (PTAX)

Todas as operações cambiais futuras vencem por algum valor que será fixado no futuro. Como o valor do *fixing* é algo incerto, o operador possui no dia do *fixing* da operação um risco de *fixing*. Uma operação futura possui risco de *FX* até o momento em que essa operação é fixada. A partir desse momento não existe mais risco de *FX* porque o operador já sabe qual a cotação final que transformará os dólares para reais.

Podemos analisar o caso de um operador que possui apenas duas operações em seu *book*, uma compra de 5 milhões de dólares por meio de *NDF*, que vence pela PTAX e uma venda de 5 milhões de dólares de dólar futuro. Desconsiderando o risco residual de *FX* devido a diferença de riscos *FX* entre uma *NDF* e um dólar futuro, podemos considerar o operador zerado em risco *FX*.

No dia do *fixing* de sua *NDF*, após as quatro janelas da PTAX, o operador terá apenas uma venda de 5 milhões de dólares em contrato futuros. Dessa forma, o operador está vendido em 5 milhões de dólares. Podemos considerar então que a cada janela da PTAX, o operador está vendendo 25% da sua posição de *NDF*. Caso o operador não deseja ficar vendido no dólar, ele deve comprar 25% da sua posição em cada janela da PTAX.

Como dito anteriormente, a janela da PTAX tem duração de dez minutos, e o seu valor é fixado aleatoriamente em algum instante destes dez minutos. O operador que resolve zerar 25% de sua posição que será fixada no dia, em cada janela da PTAX, pode zerar em um preço diferente do preço oficial da PTAX. Essa diferença do preço que o operador realiza o seu hedge e a PTAX oficial de cada janela é o que se chama de risco de *fixing*.

## 4. Funcionamento da Mesa de NDF

As operações de *NDF* são um dos produtos mais realizados no mercado, principalmente por empresas que possuem fluxos de moedas estrangeiras no futuro e desejam fazer o *hedge* destes riscos.

Como já foi dito anteriormente, apenas bancos podem comprar dólar e outras moedas *spot* no Brasil, assim as *NDFs* foram a solução encontrada pelos fundos de investimentos para obterem risco de *FX* de outras moedas.

Para fechar um contrato de *NDF* com um banco o cliente entra em contato com um funcionário da área de *sales*. A área de *sales* do banco tem acesso às curvas de Pré, Cupom e

Dólar da mesa proprietária e por meio de planilha padronizada calcula o valor da cotação para o dólar na data que o cliente necessitar. Após calcular a cotação justa com os preços fornecidos pela mesa proprietária, a mesa de *sales* atualiza o preço com um *spread*, sobre a cotação fornecida, para cobrar do cliente, o qual é chamado de *Corporate Margin*.

Com a operação fechada, a mesa proprietária recebe essa operação de compra ou venda de moeda e decide por zerar ou não os riscos implícitos na *NDF*. Os riscos de Pré, Cupom e *FX* podem ser protegidos por meio do mercado futuro de DI, *FRA* de Cupom e dólar futuro respectivamente. Caso a mesa proprietária resolva se proteger contra os riscos acima, ela ficará apenas com os riscos de *fixing* (usualmente a PTAX).

Durante o dia, esse processo se repete muitas vezes e os riscos são zerados ou mantidos pelos operadores. No final do dia há uma conciliação das operações realizadas pelos clientes e todas as operações entram nos registros da mesa proprietária.

#### **4.1. Books de Operações**

Para melhor organizar as operações de cada operador são criados *books* de operações. Nesse *book*, também chamado de *book de hedge* o operador registra as operações de clientes e as operações de *hedge* que ele realizou. O *book* é então atualizado todos os dias com as novas operações. Ao final do dia as cotações de fechamento são salvas em bases de dados e todas as operações dos *books*, feitas no mesmo dia ou no passado, são marcadas a mercado para se calcular o *PNL* diário do operador.

Caso o operador decida manter posições nas quais ele aposta em algum movimento do mercado, ele pode comprar ou vender o ativo que desejar e registrar essa operação em um *book* proprietário. Os *books* proprietários são segregados dos *books de hedge* por motivos tributários e por facilidades de controle pelos operadores. Os *books de hedge* possuem benefícios tributários em relação a taxas pagas pelos bancos ao contrário dos *books* proprietários.

#### **4.2. GAP**

Como o banco fecha contratos de *Swaps* e *NDFs* com vários clientes, e cada um pode personalizar o seu contrato com a data e valor que deseja, é calculado nos *books de hedge* um

consolidado do montante comprado ou vendido em cada dia do ano. A esse consolidado se dá o nome de *GAP*. Um exemplo de um *GAP* de 30 dias pode ser visto a seguir:

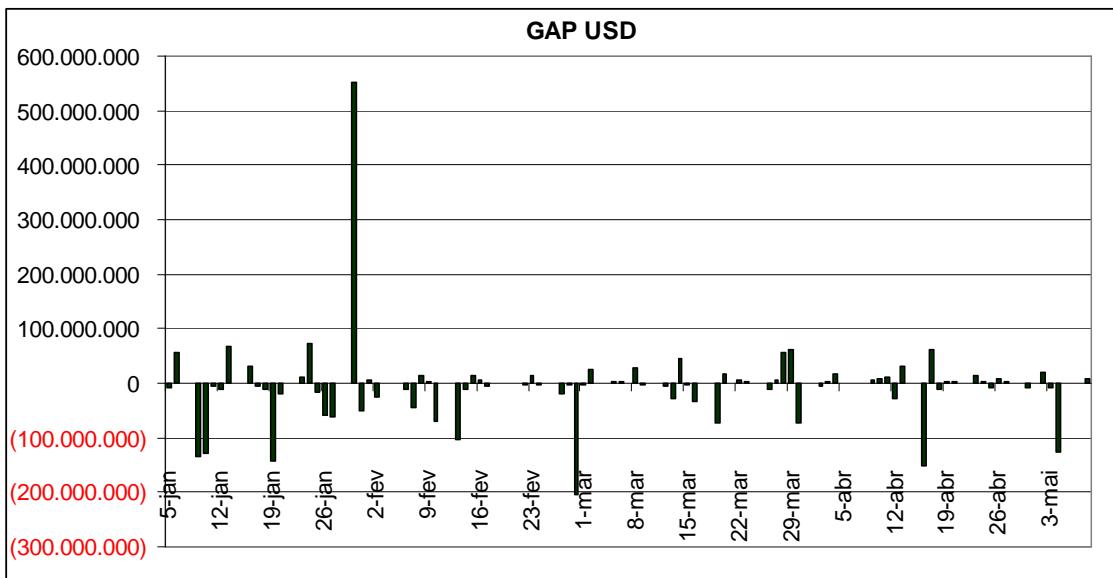
<b>Datas</b>	<b>Notional</b>
05/jan/12	(8.280.884,19)
06/jan/12	56.528.422,89
09/jan/12	(133.481.520,60)
10/jan/12	(129.101.852,47)
11/jan/12	(6.689.669,17)
12/jan/12	(12.165.645,59)
13/jan/12	66.017.355,53
16/jan/12	31.977.493,03
17/jan/12	(4.820.230,48)
18/jan/12	(10.347.725,35)
19/jan/12	(142.018.446,42)
20/jan/12	(20.345.575,80)
23/jan/12	11.181.293,47
24/jan/12	72.222.920,74
25/jan/12	(17.803.481,16)
26/jan/12	(59.644.725,14)
27/jan/12	(62.974.796,54)
30/jan/12	552.941.110,95
31/jan/12	(51.348.288,61)
01/fev/12	5.885.819,00
02/fev/12	(25.669.775,14)
03/fev/12	(577.224,79)
06/fev/12	(11.298.941,76)
07/fev/12	(45.873.282,38)
08/fev/12	13.180.329,13
09/fev/12	1.634.329,97
10/fev/12	(71.149.361,32)
13/fev/12	(105.095.793,41)
14/fev/12	(11.129.540,44)
15/fev/12	14.665.696,92

Tabela 9 - *GAP* genérico de 30 dias

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Ao analisar os dados já podemos perceber algumas características importantes do mercado de *NDFs*. Na média, os bancos possuem posição vendida em dólar nas datas futuras. Para realizar o *hedge* de todo o risco de *FX* que esse *GAP* gera, podemos perceber um valor grande de compras no dia do *fixing* do primeiro futuro, 30 de janeiro. Esse valor é todo mês “rolado” por meio de *DR1* para o próximo vencimento, dado que a posição do *book* não se altere.

Graficamente podemos ver o comportamento do *GAP* ao longo de 90 dias.



**Ilustração 24 - Gráfico com a distribuição do *GAP* ao longo do período**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Podemos calcular a média dos valores cotados pelos clientes ao longo desses 90, retirando o dia 30 de janeiro que representa o *hedge* das operações obtemos:

$$\text{Media} = -10.889.240 \text{ BRL}$$

Como na média o *GAP* apresenta valores negativos, os operadores de *NDFs* possuem na maioria das datas de *fixing* dos primeiros contratos de dólar futuro um valor comprado de dólar futuro. Por este motivo, podemos pensar que o operador possui uma operação sintética de venda de *casado*. Um método para diminuir os riscos do *casado* que se forma nos *books* de *NDF* é o objetivo do modelo aplicado pelo autor.

### 4.3. Spreads presentes

Quando um cliente pede uma cotação para a mesa de *sales* e fecha a operação, a mesa de *sales* recebe um *spread* por ter fechado a operação e a mesa proprietária a posição do cliente. As informações de mercado e de curva que a mesa de *sales* utiliza para calcular os preços são fornecidas pela mesa proprietária.

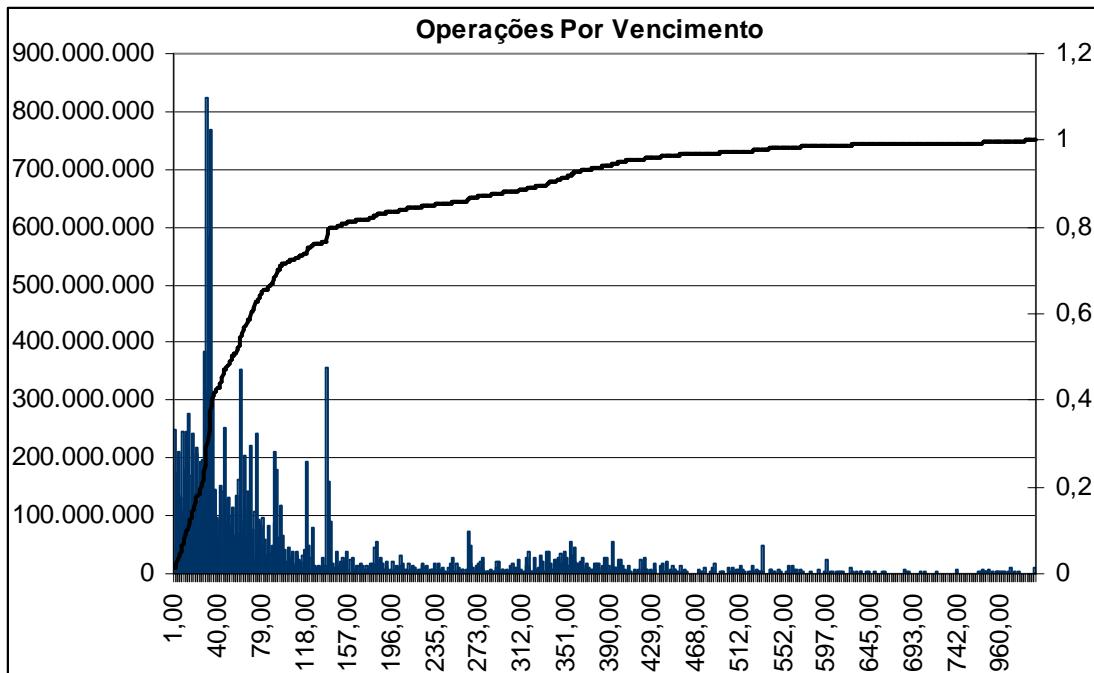
Caso a mesa proprietária deseja melhorar ou piorar o preço para comprar ou vender a moeda, ela pode utilizar também um *spread* nas curvas que disponibiliza para a área de *sales*. Como as cotações de *NDF* são calculadas por todos os bancos do mercado utilizando os mesmos valores de mercado dos futuros de Pré, Cupom e dólar que estão sendo negociados, é de se esperar que as cotações de todos os bancos sejam parecidas, o que realmente ocorre. A diferença entre os bancos é, portanto o *spread* passado pelo banco para o cliente. Assim, o cliente acaba fechando a operação com o banco com menor *spread*.

No cenário onde a mesa proprietária disponibiliza para a área de *sales* os valores em tempo real de todos os futuros utilizados para calcular o preço da *NDF* ela está passando um preço justo. Se a mesa proprietária adicionar um *spread* em alguma das curvas utilizadas para calcular o preço da *NDF*, ela está disponibilizando um preço que é diferente do preço do mercado. Ao zerar os riscos intrínsecos da *NDF* ela receberá ou perderá dinheiro, dependendo se o *spread* é para melhorar ou piorar o preço para o cliente.

#### **4.4. Média de operações**

Uma mesa de *NDF* de dólar pode possuir diversas características dependendo do porte do banco, da estratégia e dos clientes típicos do banco. Na mesa de *NDFs* do banco estudado temos que a maioria das operações é de prazos não muito grandes, normalmente de vencimentos em até três meses.

Analizando uma amostra de três meses de operações com os *notionals* e prazos em dias corridos entre a data da negociação e a data de vencimento, podemos agrupar o total de notinal para cada prazo e obter o gráfico a seguir.



**Ilustração 25 - Distribuição de montante e prazo das operações fechadas pela mesa de NDFs**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Podemos observar que a grande maioria das *NDFS* fechadas pelo banco vencem em até 120 dias corridos da data de negociação, aproximadamente 80% das operações estão contidas nesse intervalo.

Esse fato é importante para mostrar que um número grande de operações possui vencimentos no mês corrente e traz para o gestor do livro de *NDF* um risco implícito no *casado* e mostra a necessidade de uma gestão do risco.

#### **4.5. Motivação para a criação do Modelo**

Com as novas regras e metodologias impostas pelo Banco Central do Brasil sobre a posição vendida dos bancos no mercado de derivativos, os bancos foram obrigados a criar métodos para melhor gerenciar os riscos que a impossibilidade de manter uma posição vendida no câmbio traz.

Como a grande parte das operações em uma mesa de *NDF* se concentra no período de até três meses, desenvolvemos um modelo que busca minimizar os efeitos do risco do *casado* utilizando o próprio fluxo das operações dos clientes.

Antes dessas políticas de contenção à valorização do real, os operadores de *NDF* podiam simplesmente comprar e vender o *casado* sem restrições quando decidiam que o nível do risco de *casado* estava grande. Em momentos como esse, sem restrições do Banco Central, o modelo age como um amenizador do risco de *fixing*. Em momentos de restrições de posição vendida, o modelo é bem importante, pois os bancos não possuem saída para diminuir o risco de *casado* e, portanto utilizam o próprio fluxo dos clientes para reduzir os seus riscos.

#### **4.6. Construção do modelo**

Inicialmente quando as novas imposições do Banco Central foram anunciadas, os bancos levaram um tempo para compreender o que mudaria com estas medidas. Após a compreensão, percebemos que a melhor solução para realizar o *hedge* do risco de *casado* seria analisar o *GAP* dos *books* do banco.

Quando o banco possui um *GAP* positivo para alguma data anterior ao primeiro futuro, que significa uma compra de dólares para essa data, o banco está com risco “dado” na taxa implícita do *casado*. Dessa forma, se a taxa implícita do *casado* diminuir, o banco ganharia dinheiro.

Para zerar esse risco “dado” na taxa implícita do *casado*, o banco poderia simplesmente comprar o *casado* e dessa forma “tomar” a taxa do *casado*. O problema dessa solução é que ao comprar o *casado*, o banco estará ao mesmo tempo vendendo o dólar futuro de primeiro vencimento. Como a política de IOF incide sobre a posição vendida do banco no dólar futuro, comprar o *casado* não é uma boa solução, pois pode ser taxado pelo Banco Central.

Assim, a saída para esse novo problema foi utilizar a informação das datas com *GAP* e caso um cliente desejar vender ou comprar dólar do banco para essa data, o modelo melhora o preço para o cliente de modo a ganhar o cliente frente os concorrentes.

Na planilha anexa ao presente trabalho temos um exemplo com os cálculos do modelo na pasta “Modelo”. Utilizando um *GAP* exemplo:

Vencimento	GAP
06/06/2012	-\$5.000.000
08/06/2012	\$20.000.000
11/06/2012	-\$50.000.000
12/06/2012	-\$5.000.000
13/06/2012	\$10.000.000
14/06/2012	-\$5.000.000

15/06/2012	\$2.000.000
18/06/2012	-\$50.000.000
19/06/2012	\$700.000
20/06/2012	-\$30.000.000
21/06/2012	-\$1.000.000
22/06/2012	\$20.000.000
25/06/2012	-\$7.000.000
26/06/2012	\$14.665.697
27/06/2012	\$5.011.256
28/06/2012	-\$4.593.717
29/06/2012	-\$2.967.135

**Tabela 10 - GAP exemplo utilizado nos cálculos do modelo****Fonte: Elaborado Pelo Autor**

O *GAP* exemplo representa o *GAP* diário da mesa, que é calculado todos os dias antes da abertura do mercado. Esse *GAP* do primeiro mês é então exportado para uma base de dados que é *input* de um sistema calcula o preço justo das cotações futuras das NDFs.

As informações necessárias para os cálculos do sistema podem ser vistas na planilha abaixo:

Maturity Date	Deliverable Date	DU	DC	Pré	Linha	FX
06/06/2012	08/06/2012	2	3	12,91%	0,200%	1,953949632
08/06/2012	11/06/2012	3	6	11,40%	0,163%	1,954555679
11/06/2012	12/06/2012	4	7	10,65%	0,153%	1,955179887
12/06/2012	13/06/2012	5	8	10,20%	0,145%	1,955803183
13/06/2012	14/06/2012	6	9	9,90%	0,139%	1,956426678
14/06/2012	15/06/2012	7	10	9,69%	0,134%	1,957050371
15/06/2012	18/06/2012	8	13	9,53%	0,124%	1,957664472
18/06/2012	19/06/2012	9	14	9,41%	0,121%	1,95828856
19/06/2012	20/06/2012	10	15	9,31%	0,119%	1,958912847
20/06/2012	21/06/2012	11	16	9,23%	0,118%	1,959537333
21/06/2012	22/06/2012	12	17	9,17%	0,116%	1,960162018
22/06/2012	25/06/2012	13	20	9,11%	0,112%	1,960777095
25/06/2012	26/06/2012	14	21	9,06%	0,111%	1,961402175
26/06/2012	27/06/2012	15	22	9,02%	0,110%	1,962027455
27/06/2012	28/06/2012	16	23	8,98%	0,109%	1,962652934
28/06/2012	29/06/2012	17	24	8,95%	0,108%	1,963278613
29/06/2012	02/07/2012	18	27	8,92%	0,106%	1,963894667

**Tabela 11 - Informações necessárias para o modelo****Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Sendo elas:

- Maturity date: Data do vencimento do *GAP*
- Deliverable date: Data de *Value Date* do *GAP*
- *DU*: Contagem de dias úteis entre a data base e o *Value Date*
- *DC*: Contagem de dias corridos entre a data base e o *Value Date*
- Pré: Taxa pré interpolada entre a data base e a data do Value Date
- *Linha*: Taxa *linha* interpolada entre a data base e a data do Value Date
- *FX*: Cotação do dólar para a data do Value Date utilizando o *spot* e as taxas interpoladas descritas acima

Dado que o *GAP* é composto com valores futuros em dólar provenientes de NDFs e Swaps, podemos calcular o risco de variação do *PNL*, devido alterações da taxa do cupom, de cada fluxo do *GAP* por meio da derivada exposta anteriormente no caso das NDFs:

$$\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)} = \frac{-Vf \times spot \times \frac{DC}{360}}{\left(1 + \frac{cupom \times DC}{360}\right)^2}$$

Onde:

- $\frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)}$  : Risco de uma variação na taxa cupom

E para calcular o impacto de uma variação de 0,01% temos:

$$\Delta(PNL) = \frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)} \times 0,01\%$$

O valor desse impacto para cada fluxo do *GAP* está calculado na planilha anexa na coluna “N”. Somando todos os valores das derivadas de todos os fluxos, chegamos ao risco que o operador possui devido alterações na taxa implícita do *casado* em 1 *bp*.

O modelo tem como objetivo administrar esse valor de risco, buscando manter esse valor baixo. Para manter esse valor baixo, o ideal seria zerar todos os valores dos *GAPS* entre o primeiro dia e o último. Isso não é possível, já que nesse intervalo que vai do dólar spot até a data do primeiro futuro o operador só pode negociar nestas duas datas.

Dessa forma, a solução desenvolvida foi melhorar o preço para o cliente caso a operação dele possuir sinal oposto ao sinal do *GAP* de mesma data. Para calcular o valor total que zera o risco de *casado* em cada data, podemos inverter a equação que calcula o Delta(*PNL*) e obter:

$$Facilitation = \frac{\partial(PNL)}{\partial(cupom)} \times \frac{\left(1 + \frac{cupom \times DC}{360}\right)^2}{\left(\frac{spot \times DC \times 0,01\%}{360}\right)}$$

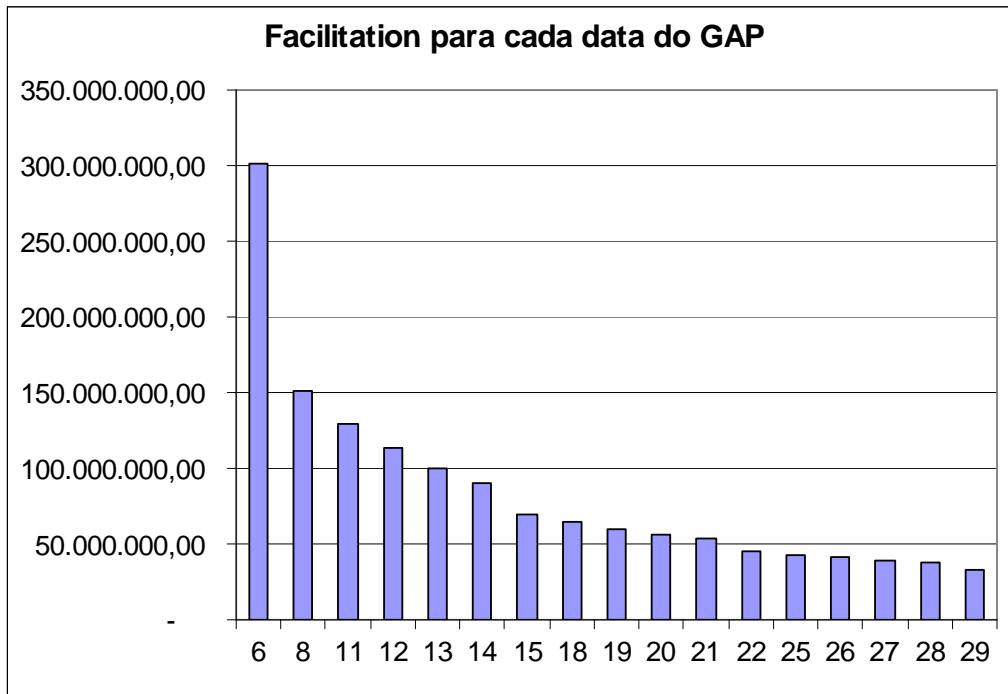
Esse valor, que demos o nome de *facilitation*, é o valor que nos dá o *notional* que zera o risco total de *casado* do operador caso um cliente resolva fazer uma operação de sinal contrário para a data. Os resultados com os valores para o *GAP* de exemplo são:

Vencimento	Curva <i>Facilitation</i>
06/06/2012	-301.639.913
08/06/2012	-150.823.141
11/06/2012	-129.277.625
12/06/2012	-113.118.488
13/06/2012	-100.550.270
14/06/2012	-90.495.695
15/06/2012	-69.613.118
18/06/2012	-64.641.076
19/06/2012	-60.331.972
20/06/2012	-56.561.507
21/06/2012	-53.234.626
22/06/2012	-45.250.111
25/06/2012	-43.095.559
26/06/2012	-41.136.876
27/06/2012	-39.348.513
28/06/2012	-37.709.180
29/06/2012	-33.519.774

Tabela 12 - Curva com valores de *facilitation*

**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

Essa curva nos mostra que caso um cliente feche uma NDF onde o banco compra uma quantia de 90 milhões de dólares para o dia 14/06/2012, o banco estará com o seu risco de taxa implícita do *casado* zerado. Um gráfico com os valores de *facilitation* pode ser observado abaixo:



**Ilustração 26 - Valores de *facilitation* em cada data do *GAP* exemplo**

**Fonte:** Elaborado Pelo Autor

Devido a estrutura temporal dos juros, é necessário um valor maior de *notional* para zerar os riscos de cupom implícito do *casado* caso a data seja curta. Dessa forma, é mais simples conseguir zerar o risco de *casado* com operações de clientes mais próximas da data de vencimento do contrato de primeiro futuro de dólar, no caso do exemplo, do dia 29/06/2012.

#### 4.7. Facilitation para operações

Com os valores que zeram o risco de casado total para cada dia do *GAP*, devemos criar uma regra que estipula o quanto o modelo deve melhorar o preço da cotação do cliente caso essa operação seja de sinal contrário da data do *GAP*.

A solução encontrada foi analisar o comportamento do casado ao longo de 2 anos. Com a tabela de dados históricos do comportamento da cotação do casado, que pode ser vista na pasta “Estudo Casado” da planilha anexa, podemos calcular a variação média do casado ao longo dos dias.

Calculando a variação diária média do casado ao longo destes dois anos, chegamos ao seguinte histograma:

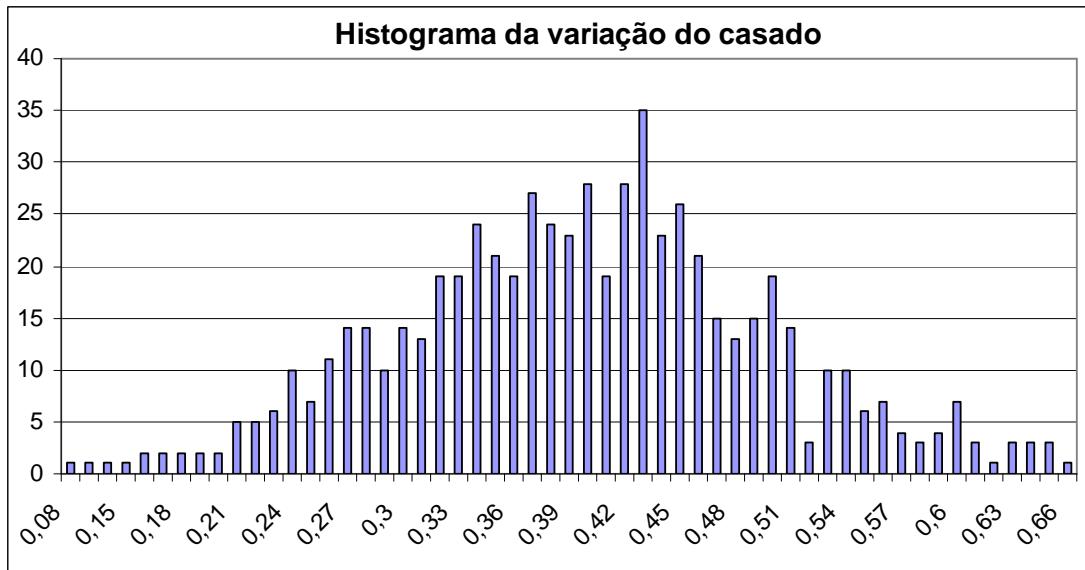


Ilustração 27 - Histograma da variação diária do casado ao longo de 2 anos

Utilizando o valor médio de oscilação do casado, criamos a função que calcula quanto melhorar o preço para o cliente, dado o tamanho no *notional*, o *GAP* e a data de vencimento:

$$\text{Fator de } facilitation = \%GAP \times \sigma$$

Onde:

- %*GAP*: Calculo do percentual que o *notional* do cliente representa do *GAP* da mesma data.
- Sigma: Variação média diária do preço do casado, atualmente cerca de 0,4.

Caso na curva de *facilitation* do banco para uma data *D* exista um valor negativo de 35 milhões de USD e um cliente deseja vender esta mesma quantidade para a data *D*, o fator para o cliente seria máximo:

$$\text{Fator de } facilitation = 100\% \times 0,4 = 0,4$$

Uma variação de 0,4 no preço do casado representa uma variação de 0,0004 na cotação do dólar. Dessa forma, o banco calcula o valor de FX para a data *D*, por exemplo, 1,9672 USDBRL, e acrescenta a este valor 0,0004, resultando em uma cotação final de 1,9676 USDBRL. Assim, banco paga mais caro para o cliente porque esse fluxo zera o seu risco de *casado*.

## 5. Simulação do Modelo

Para a simulação do modelo, foi desenvolvido um código de VBA para realizar as iterações necessárias para calcular as melhorias obtidas pelo modelo. O objetivo da simulação é encontrar o *PNL* que obteríamos com um *book* sem o *facilitation* para as operações e o *PNL* caso o modelo fosse utilizado.

### 5.1. Hipóteses da Simulação

Podemos encontrar o código e a simulação na pasta “Simulação” da planilha em anexo. As hipóteses gerais utilizadas na construção da simulação foram:

<b>Operações/dia</b>	130
<b>% intra-mês</b>	25%
<b>Média Var. Casado</b>	0,39
<b>Desvio Var. Casado</b>	0,16
<b>Notinal médio</b>	1.675.295
<b>Desvio notional</b>	4.644.420
<b>Operações no mês</b>	715
<b>Iterações</b>	60

Tabela 13 - Hipóteses da simulação do modelo

- Operações/dia: Utilizando os dados da pasta “Média de Operações” temos a média diária de operações fechadas por dia
- % intra-mês: Quantidade média de operações fechadas durante o dia que possuem vencimento em até 30 dias
- Média Var. Casado: Média diária da variação do preço do casado em números absolutos
- Desvio Var. Casado: Desvio padrão da variação diária do preço do casado
- Notinal médio: Utilizando os dados da pasta “Média de Operações”, temos a média do notinal das operações com clientes
- Desvio notional: Desvio padrão dos *notionals* das operações com clientes
- Operações no mês: Número de operações que o simulador executa

- Iterações: Número de iterações que o simulador executará as operações do item acima

Foram criados dois *books* de operações, que inicialmente possuem o mesmo *GAP*, que pode ser construído diversas vezes ao se pressionar o botão “*Início*” da planilha. O *book* original fecha em média 52% das operações dos clientes. Essa é uma estimativa do número de operações dos clientes que são cotadas e fechadas pelo banco.

Já o *book* com *facilitation*, possui a mesma taxa de conversão para casos em que o *facilitation* não ocorre e uma taxa maior para os casos que utilizam o mesmo. O modelo considera que a taxa de conversão para o caso de *facilitation* máximo, onde %*GAP* é igual a 1, é de 95%. Assim, a fórmula genérica para a taxa de conversão do *facilitation* é:

$$\text{Taxa conversão} = \%GAP \times (0,95 - 0,52) + 0,52$$

Ambas as taxas forma adquiridas de maneira empírica pelo autor com os dados reais do banco.

Durante a simulação são criadas operações fictícias da forma:

Operação			
Data	Valor	Var Casado	Var Casado (pvbp)
28/06/2012	2.055.011	0,47	-0,28%

Tabela 14 - Exemplo de uma operação fictícia

Onde:

- Data: Data de vencimento da operação
- Valor: *Notional* da operação fictícia
- Var. casado: Variação diária do casado que respeita uma distribuição normal com a média e desvio padrão obtido nas hipóteses do modelo
- Var. casado (pvbp): Variação da taxa implícita do casado

Caso a operação não seja considerada uma operação onde cabe o *facilitation*, ela é tratada da mesma forma pelos dois *books*. Assim, para saber se a operação entrará na posição de ambos os *books* é calculada uma variável aleatória com valor entre 0 e 1. Caso o valor dessa variável seja menor que 0,52 a operação entra nas posições.

Se a operação possui um valor menor e de mesmo sinal do presente na curva de *facilitation*, ela é considerada uma operação de *facilitation*. Dessa forma, ela entrará no *book* de *facilitation* respeitando a taxa de conversão exposta anteriormente. Quando uma operação entra no quesito *facilitation*, o modelo calcula o quanto o banco está pagando para fechar a operação, seguindo a fórmula exposta anteriormente.

A cada operação o simulador calcula o risco de cada *book* e o *PNL* devido a variação do casado. O *PNL* é sempre calculado considerando o pior cenário, onde o movimento da variação do casado é prejudicial para o *book*. Assim. O cálculo do *PNL* é:

$$PNL = -\text{abs}(Var.\text{casado}(pvbp) \times \text{risco do book})$$

Dessa forma, independentemente do sinal do risco do banco, esteja o *book* “tomado” ou “dado” na variação do casado, o simulador considera a perda máxima que o banco teria com o risco considerado.

Os dados de saída do simulador são:

Data	Var. Casado	Operações	Book Normal			Book Facilitation			
			Op. Fechadas	Risco	PNL Casado	Op. Fechadas	Risco	PNL Casado	PNL Facilitation
20/06/2012	0,221002221	1	1	485	-6.339	1	485	-6.339	-3
14/06/2012	0,094963808	2	1	485	-2.724	2	440	-2.470	-312
14/06/2012	0,460057202	3	1	485	-13.195	3	428	-11.636	-24
20/06/2012	0,533433181	4	2	555	-17.491	4	497	-15.683	0
12/06/2012	0,212577837	5	3	508	-6.385	5	451	-5.665	-403
20/06/2012	0,422615856	6	3	508	-12.693	6	369	-9.222	-681
19/06/2012	0,292896273	7	3	508	-8.797	6	369	-6.392	0
25/06/2012	0,460045448	8	3	508	-13.817	7	336	-9.148	-102

**Tabela 15 - Saídas do Simulador**

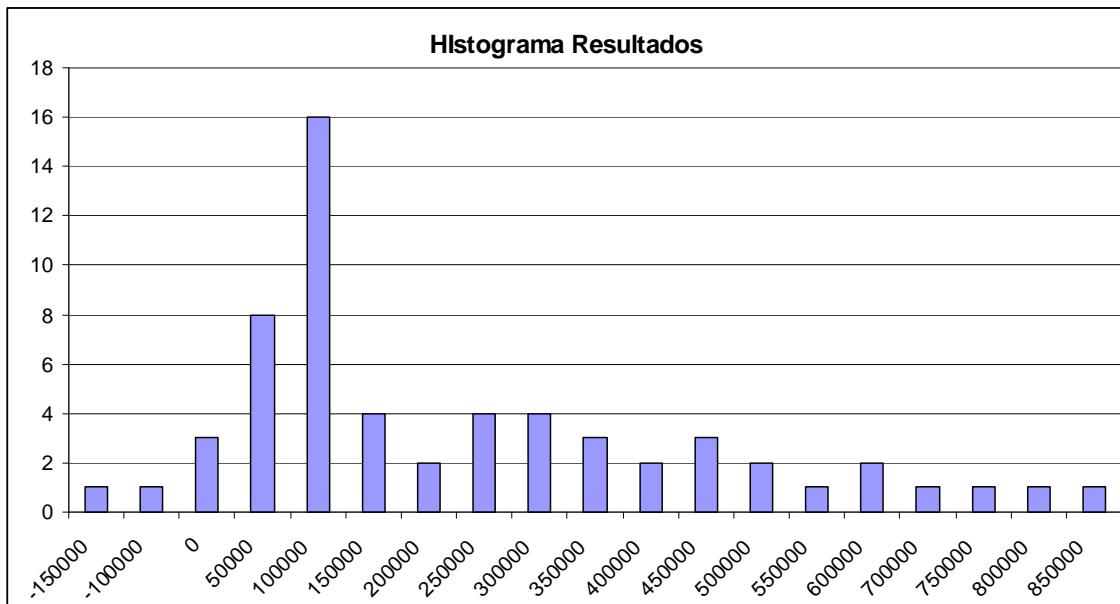
Onde:

- Data: Data de vencimento da iteração considerada
- Var. Casado: Variação do casado da iteração
- Operação: Contagem da operação
- Op. Fechadas: Número de operações fechadas desde o início da simulação para cada *book*.
- Risco: Valor do risco ao final da iteração
- *PNL Casado*: *PNL* do casado considerando o risco e a variação do casado
- *PNL Facilitation*: Valor pago pelo banco para fechar as operações dos clientes

A diferença entre o *PNL* do *book* normal e do *book* com o *facilitation* é a saída mais importante do modelo. E será analisado na próxima seção.

## 5.2. Resultados

Após a simulação de 60 meses com um total de 715 operações por mês, chegamos aos seguintes dados:



**Ilustração 28 - Histograma com os resultados de 60 iterações**

Com os resultados das 60 iterações chegamos a uma média de economia igual à 1.107.843 BRL. Como a oscilação do preço do casado é um fenômeno aleatório, existem casos onde a economia é显著mente maior.

## 6. Conclusões

Com a atual situação da economia brasileira, onde a taxa de câmbio é de extrema importância para o país e empresas exportadoras, é importante que o governo mantenha uma cotação do dólar favorável para o crescimento. As mudanças fiscais impostas pelo governo

geraram uma demanda por métodos alternativos de redução de riscos pelas tesourarias de bancos.

O modelo exposto no presente trabalho busca diminuir um dos riscos que se criou com essas medidas, que é o risco da operação de casado. Ao simular duas carteiras de investimentos, uma utilizando o modelo e outra não, podemos perceber que existe uma economia gerada pelo modelo.

O objetivo principal de um banco é a geração de recursos com o menor risco possível. Dessa forma, o modelo se aplica muito bem, pois ao diminuir o risco do banco ele gera um retorno proveniente dessa diminuição.

## 7. Referências

MANKIW, N. **Gregory. Princípios de Macroeconomia.** 3<sup>a</sup> ed. São Paulo : Pioneira Thomson Learning, 2005.

COSTA NETO, P. L. **Estatística.** São Paulo: Edgard Blücher, 2002

HULL, J.C. **Mercados Futuros e de Opções.** São Paulo: BM&F BOVESPA, 2009

EDUARDO FORTUNA. **Mercados Financeiro Produtos e Serviço.** São Paulo: 17 ed. Equipe QUALITYMARK, 2008

JOSE ROBERTO SECURATO. **Cálculo Financeiro das Tesourarias.** São Paulo: 4 ed. Saint Paul, 2009

GITMAN, L. **Princípios da Administração Financeira.** 10<sup>a</sup> edição. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor.** 3<sup>a</sup> edição. São Paulo: Atlas, 2007.

SECURATO, J.R.; NETO, M. R. **O Risco de Liquidez: Uma proposta para avaliação do risco de liquidez de mercado.** VI Semead – FEA USP, 2003.

CAVALCANTE, F.; MISUMI, J.Y. **Mercado de capitais**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.